

日 本 国 特 許 庁 PCT/JP2003/000072
JAPAN PATENT OFFICE

08.1.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2003年 1月 8日
Date of Application:

REC'D 27 FEB 2004

出 願 番 号 特願2003-002297
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-002297]

WIPO PCT

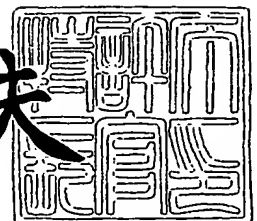
出 願 人 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 2月13日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 185880

【特記事項】 特許法第 3 0 条第 1 項の規定の適用を受けようとする特
許出願

【提出日】 平成15年 1月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01Q 19/32
H01Q 21/20

【発明者】

【住所又は居所】 京都府相楽郡精華町光台二丁目 2 番地 2 株式会社国際
電気通信基礎技術研究所内

【氏名】 大平 孝

【特許出願人】

【識別番号】 393031586

【住所又は居所】 京都府相楽郡精華町光台二丁目 2 番地 2

【氏名又は名称】 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

【代理人】

【識別番号】 100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【選任した代理人】

【識別番号】 100098280

【弁理士】

【氏名又は名称】 石野 正弘

**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 013262**【納付金額】** 21,000円**【その他】** 国等の委託研究の成果に係る特許出願（通信・放送機構、平成14年4月1日付け委託契約研究テーマ「自律分散型無線ネットワークの研究開発」、産業再生法第30条の適用を受けるもの）**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9712463**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アレーアンテナの制御装置及び制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信された無線信号を受信するための励振素子と、上記励振素子から所定の間隔だけ離れて設けられた偶数本の非励振素子と、上記各非励振素子にそれぞれ接続された偶数個の可変リアクタンス素子とを備え、上記各可変リアクタンス素子に設定するリアクタンス値を変化させることにより、上記各非励振素子を導波器又は反射器として動作させ、アレーアンテナの指向特性を変化させるアレーアンテナの制御装置であって、

上記偶数本の非励振素子は、少なくとも 1 本の第 1 の組の非励振素子と、少なくとも 1 本の第 2 の組の非励振素子とからなり、

上記偶数個の可変リアクタンス素子は、上記第 1 の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第 1 の組の可変リアクタンス素子と、上記第 2 の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第 2 の組の可変リアクタンス素子とからなり、

上記アレーアンテナによって受信される無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ上記アレーアンテナの入力インピーダンスが実質的に変化しないように、上記第 1 及び第 2 の組の可変リアクタンス素子に対して第 1 のリアクタンス値セットを設定する第 1 の場合と、上記第 1 及び第 2 の組の可変リアクタンス素子に対して第 2 のリアクタンス値セットを設定する第 2 の場合とのうち、上記第 1 と第 2 の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となるときのリアクタンス値セットを選択して上記第 1 及び第 2 の組の可変リアクタンス素子に設定する制御手段を備えたことを特徴とするアレーアンテナの制御装置。

【請求項 2】 上記アレーアンテナは、第 1 と第 2 の非励振素子を備え、上記第 1 のリアクタンス値セットは上記第 1 と第 2 の非励振素子に対して設定されるリアクタンス値 X_a 、 X_b からなり、上記第 2 のリアクタンス値セットは上記第 1 と第 2 の非励振素子に対して設定されるリアクタンス値 X_b 、 X_a からなることを特徴とする請求項 1 記載のアレーアンテナの制御装置。

【請求項 3】 受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事

象の累積確率であるCDF値が所定値であるときに、ダイバシティ利得が実質的に最大となるように上記第1及び第2のリアクタンス値セットが設定されたことを特徴とする請求項1又は2記載のアレーアンテナの制御装置。

【請求項4】 受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事象の累積確率であるCDF値が所定値であるときに、ダイバシティ利得が所定値以上となるように上記第1及び第2のリアクタンス値セットが設定されたことを特徴とする請求項1又は2記載のアレーアンテナの制御装置。

【請求項5】 送信された無線信号を受信するための励振素子と、上記励振素子から所定の間隔だけ離れて設けられた偶数本の非励振素子と、上記各非励振素子にそれぞれ接続された偶数個の可変リアクタンス素子とを備え、上記各可変リアクタンス素子に設定するリアクタンス値を変化させることにより、上記各非励振素子を導波器又は反射器として動作させ、アレーアンテナの指向特性を変化させるアレーアンテナの制御方法であって、

上記偶数本の非励振素子は、少なくとも1本の第1の組の非励振素子と、少なくとも1本の第2の組の非励振素子とからなり、

上記偶数個の可変リアクタンス素子は、上記第1の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第1の組の可変リアクタンス素子と、上記第2の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第2の組の可変リアクタンス素子とからなり、

上記アレーアンテナによって受信される無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ上記アレーアンテナの入力インピーダンスが実質的に変化しないように、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第1のリアクタンス値セットを設定する第1の場合と、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第2のリアクタンス値セットを設定する第2の場合とのうち、上記第1と第2の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となるときのリアクタンス値セットを選択して上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に設定するステップを含むことを特徴とするアレーアンテナの制御方法。

【請求項6】 上記アレーアンテナは、第1と第2の非励振素子を備え、上記第1のリアクタンス値セットは上記第1と第2の非励振素子に対して設定され

るリアクタンス値 X_a , X_b からなり、上記第2のリアクタンス値セットは上記第1と第2の非励振素子に対して設定されるリアクタンス値 X_b , X_a からなることを特徴とする請求項5記載のアレーアンテナの制御方法。

【請求項7】 受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事象の累積確率であるCDF値が所定値であるときに、ダイバシティ利得が実質的に最大となるように上記第1及び第2のリアクタンス値セットが設定されたことを特徴とする請求項5又は6記載のアレーアンテナの制御方法。

【請求項8】 受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事象の累積確率であるCDF値が所定値であるときに、ダイバシティ利得が所定値以上となるように上記第1及び第2のリアクタンス値セットが設定されたことを特徴とする請求項5又は6記載のアレーアンテナの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、アレーアンテナの制御装置及び制御方法に関し、特に、空間的ダイバシティを実現する3素子又はそれ以上の奇数個の素子を有するアレーアンテナの制御装置及び制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

無線通信のブロードバンド化に伴い、ノートパソコンやPCMCIAカードなどのユーザ端末装置に搭載するアンテナ装置も高機能及び高性能が求められるようになってきた。必要とされる機能として、例えば、到来する無線信号からマルチパスフェージングを除去することが挙げられる。マルチパスフェージングは、ひとつの信号源から送信された波動が複数の経路を伝搬し、受信点において信号が同振幅かつ逆位相でキャンセルされるときに激しいレベル低下が発生する現象である。屋外無線基地局において受信する場合には、マルチパスの経路による到来波の角度広がり比較的狭い。しかし、ユーザ端末装置あるいは室内環境においては、360度全方位に広がるマルチパス波の到来が生じる。

【0003】

携帯型端末装置や P C カード等に搭載されるには、当該アンテナ装置は、小型軽量であること、民生コンシューマ品として受け入れられるコストであること、かつ、バッテリー駆動に耐えうる低消費電力動作であること、などの制約が課せられる。以上の制約を満たすアンテナ装置として、例えば、特許文献 1 や非特許文献 1, 2, 4 において、電子制御導波器アレーアンテナ装置 (Electronically Steerable Passive Array Radiator (ESPAR) Antenna; 以下、エスパアンテナという。) が提案されている。

【0004】

このエスパアンテナは、無線信号が給電される励振素子と、この励振素子から所定の間隔だけ離れて設けられ、無線信号が給電されない 6 個の非励振素子と、この非励振素子にそれぞれ接続された可変リアクタンス素子とから成るアレーアンテナを備え、上記可変リアクタンス素子のリアクタンス値をそれぞれ変化させることにより、当該アレーアンテナの指向特性を変化させることができる。なお、例えば、アンテナ素子間隔が波長の $1/10$ という狭間隔の 2 素子エスパアンテナであっても空間ダイバシティ効果が得られるという数値シミュレーション例が報告されている (非特許文献 3 参照。)。

【0005】

【特許文献 1】

特開 2002-118414 号公報。

【非特許文献 1】

T. Ohira et al., "Electronically steerable passive array radiator antennas for low-cost analog adaptive beamforming," 2000 IEEE International Conference on Phased Array System & Technology pp. 101-104, Dana point, California, May 21-25, 2000.

【非特許文献 2】

大平孝ほか, "エスパアンテナの等価ウェイトベクトルとその勾配に関する基本的定式化", 電子情報通信学会技術研究報告, 2002 年 5 月, AP2001-16, SAT2001-3, p. 15-20.

【非特許文献 3】

青山直樹ほか，“アンテナ素子間の相互結合を用いたCOFDMの簡易ダイバシティ受信方式”，電子情報通信学会総合大会講演論文集，2002年3月27日－30日，B-5-224，p. 695。

【非特許文献4】

大平孝ほか，“エスパアンテナの等価ウェイトベクトルとアレーファクタ表現式”，電子情報通信学会技術研究報告，2002年7月，AP2000-44，p. 7-14。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1及び非特許文献3に示されたアンテナ装置は、設定されるリアクタンス値を決定するために、リアクタンス値を微細に（ほぼ連続的に）変化させる適応制御処理を行っている。この適応制御処理では、複雑な処理アルゴリズムと、それを実行するためのコントローラとを必要とし、さらに、上記コントローラは、可変容量ダイオードに設定するリアクタンス値信号を発生するための制御電圧発生用DAコンバータを必要とするので、アンテナ装置の構成が複雑になり、装置の大きさとコストとが増大する。

【0007】

非特許文献3に示されたアンテナ装置は、図27に示すように、所定の間隔 d で並置されてなる2つのアンテナ素子 A_0 、 A_1 を備えて構成され、非励振素子であるアンテナ素子 A_1 に例えば可変容量ダイオードである可変リアクタンス素子12が接続されている。このとき、可変リアクタンス素子12への制御電圧を変化することにより、図28に示すように、可変リアクタンス素子12のリアクタンス値 X_1 を変化させることができるが、励振素子であるアンテナ素子 A_0 の給電ポートにおける入力インピーダンス Z_{in} も変化するという問題点があった。すなわち、当該2素子のアンテナ装置では、装荷するリアクタンス値の変化に対してアンテナ装置の入力インピーダンスの変化が大きく、給電系まで含めた整合設計がきわめて難しいという問題点があった。

【0008】

本発明の目的は以上の問題点を解決し、従来技術に比較してハードウェア構成

や制御がきわめて簡単であり、マルチパスフェージングが存在するときのアンテナ利得を大きく改善することができ、しかも可変リアクタンス素子の素子値の変化に伴ってアンテナの入力インピーダンスを実質的に変化することないアレーアンテナの制御装置及び制御方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るアレーアンテナの制御装置は、送信された無線信号を受信するための励振素子と、上記励振素子から所定の間隔だけ離れて設けられた偶数本の非励振素子と、上記各非励振素子にそれぞれ接続された偶数個の可変リアクタンス素子とを備え、上記各可変リアクタンス素子に設定するリアクタンス値を変化させることにより、上記各非励振素子を導波器又は反射器として動作させ、アレーアンテナの指向特性を変化させるアレーアンテナの制御装置であって、

上記偶数本の非励振素子は、少なくとも1本の第1の組の非励振素子と、少なくとも1本の第2の組の非励振素子とからなり、

上記偶数個の可変リアクタンス素子は、上記第1の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第1の組の可変リアクタンス素子と、上記第2の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第2の組の可変リアクタンス素子とからなり、

上記アレーアンテナによって受信される無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ上記アレーアンテナの入力インピーダンスが実質的に変化しないように、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第1のリアクタンス値セットを設定する第1の場合と、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第2のリアクタンス値セットを設定する第2の場合とのうち、上記第1と第2の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となるときのリアクタンス値セットを選択して上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に設定する制御手段を備えたことを特徴とする。

【0010】

上記アレーアンテナの制御装置において、好ましくは、上記アレーアンテナは、第1と第2の非励振素子を備え、上記第1のリアクタンス値セットは上記第1

と第2の非励振素子に対して設定されるリアクタンス値 X_a 、 X_b からなり、上記第2のリアクタンス値セットは上記第1と第2の非励振素子に対して設定されるリアクタンス値 X_b 、 X_a からなることを特徴とする。

【0011】

また、上記アレーアンテナの制御装置において、好ましくは、受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事象の累積確率であるCDF値が所定値であるときに、ダイバシティ利得が実質的に最大となるように上記第1及び第2のリアクタンス値セットが設定されたことを特徴とする。さらに、とって代わって、上記アレーアンテナの制御装置において、好ましくは、受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事象の累積確率であるCDF値が所定値であるときに、ダイバシティ利得が所定値以上となるように上記第1及び第2のリアクタンス値セットが設定されたことを特徴とする。

【0012】

本発明に係るアレーアンテナの制御方法は、送信された無線信号を受信するための励振素子と、上記励振素子から所定の間隔だけ離れて設けられた偶数本の非励振素子と、上記各非励振素子にそれぞれ接続された偶数個の可変リアクタンス素子とを備え、上記各可変リアクタンス素子に設定するリアクタンス値を変化させることにより、上記各非励振素子を導波器又は反射器として動作させ、アレーアンテナの指向特性を変化させるアレーアンテナの制御方法であって、

上記偶数本の非励振素子は、少なくとも1本の第1の組の非励振素子と、少なくとも1本の第2の組の非励振素子とからなり、

上記偶数個の可変リアクタンス素子は、上記第1の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第1の組の可変リアクタンス素子と、上記第2の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第2の組の可変リアクタンス素子とからなり、

上記アレーアンテナによって受信される無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ上記アレーアンテナの入力インピーダンスが実質的に変化しないように、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第1のリアクタンス値セットを設定する第1の場合と、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第2のリアクタンス値セットを設定する第2の場合

とのうち、上記第1と第2の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となる時のリアクタンス値セットを選択して上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に設定するステップを含むことを特徴とする。

【0013】

上記アレーアンテナの制御方法において、好ましくは、上記アレーアンテナは、第1と第2の非励振素子を備え、上記第1のリアクタンス値セットは上記第1と第2の非励振素子に対して設定されるリアクタンス値 X_a 、 X_b からなり、上記第2のリアクタンス値セットは上記第1と第2の非励振素子に対して設定されるリアクタンス値 X_b 、 X_a からなることを特徴とする。

【0014】

また、上記アレーアンテナの制御方法において、好ましくは、受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事象の累積確率であるCDF値が所定値であるときに、ダイバシティ利得が実質的に最大となるように上記第1及び第2のリアクタンス値セットが設定されたことを特徴とする。さらに、とって代わって、上記アレーアンテナの制御方法において、好ましくは、受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事象の累積確率であるCDF値が所定値であるときに、ダイバシティ利得が所定値以上となるように上記第1及び第2のリアクタンス値セットが設定されたことを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0016】

<第1の実施形態>

図1は、本発明の第1の実施形態に係るアレーアンテナの制御装置の構成を示すブロック図である。図1に示すように、アレーアンテナの制御装置は、1つの励振素子 A_0 と、可変リアクタンス素子 $12-1$ が装荷された第1の非励振素子 A_1 と、可変リアクタンス素子 $12-2$ が装荷された第2の非励振素子 A_2 とを備えてなる3素子のエスパアンテナで構成されたアレーアンテナ装置100と、

アンテナコントローラ 10 とを備え、ここで、アンテナコントローラ 10 は、アレーアンテナ装置 100 で受信された無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ上記アレーアンテナ装置 100 の入力インピーダンス Z_{in} が実質的に変化しないように、2つの可変リアクタンス素子 12-1, 12-2 に対して第 1 のリアクタンス値セット (X_a , X_b) を設定する第 1 の場合 (ここで、可変リアクタンス素子 12-1 に対してリアクタンス値 X_a が設定され、可変リアクタンス素子 12-2 に対してリアクタンス値 X_b が設定される。) と、2つの可変リアクタンス素子 12-1, 12-2 に対して第 2 のリアクタンス値セット (X_b , X_a) を設定する第 2 の場合 (ここで、可変リアクタンス素子 12-1 に対してリアクタンス値 X_b が設定され、可変リアクタンス素子 12-2 に対してリアクタンス値 X_a が設定される。) とのうち、上記第 1 と第 2 の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となるときのリアクタンス値セットを選択して 2つの可変リアクタンス素子 12-1, 12-2 に設定することを特徴としている。

【0017】

図 2 は、図 1 のアレーアンテナ装置 100 の詳細構成を示す斜視図である。図 1 及び図 2 に示すように、アレーアンテナ装置 100 は、接地導体 11 上に垂直に設けられた励振素子 A0 及び 2 本の非励振素子 A1, A2 から構成され、励振素子 A0 と非励振素子 A1 とは、互いに平行に、かつ距離 d で離間して配置され、励振素子 A0 と非励振素子 A2 とは、互いに平行に、かつ距離 d で離間して配置され、これら 3 本のアンテナ素子 A2, A0, A1 が一直線上に並置されている。励振素子 A0 及び非励振素子 A1, A2 の各長さは、所望波の波長 λ の約 $1/4$ になるように構成され、また、上記アンテナ間隔 d は、例えば、波長 λ の 0.1 倍ないし 0.35 倍になるように構成される。励振素子 A0 の給電点は同軸ケーブル 1 を介して低雑音増幅器 (LNA) 2 に接続される。また、非励振素子 A1 は可変リアクタンス素子 12-1 に接続され、非励振素子 A2 は可変リアクタンス素子 12-2 に接続され、可変リアクタンス素子 12-1, 12-2 の各リアクタンス値はそれぞれ、アンテナコントローラ 10 からのペアケーブル 5-1, 5-2 を介して伝送されるリアクタンス値信号によって設定される。

【0018】

図3は、図2のA-A'線におけるアレーアンテナ装置100の縦断面図である。図3に示すように、励振素子A0は接地導体11と電氣的に絶縁され、かつ同軸ケーブル1の中心導体1aに接続される。非励振素子A1は、可変リアクタンス素子12-1を介して、接地導体11に対して高周波的に接地され、また、非励振素子A2は、可変リアクタンス素子12-2を介して、接地導体11に対して高周波的に接地される。各可変リアクタンス素子12-1, 12-2の動作を説明すると、例えば励振素子A0と非励振素子A1, A2の長手方向の長さが実質的に同一であるとき、例えば、可変リアクタンス素子12-1がインダクタンス性(L性)を有するときは、可変リアクタンス素子12-1は延長コイルとなり、非励振素子A1の電気長が励振素子A0に比較して長くなり、反射器として働く。一方、例えば、可変リアクタンス素子12-1がキャパシタンス性(C性)を有するときは、可変リアクタンス素子12-1は短縮コンデンサとなり、非励振素子A1の電気長が励振素子A0に比較して短くなり、導波器として働く。また、可変リアクタンス素子12-2が接続された非励振素子A2も同様に動作する。ここで、可変リアクタンス素子12-1, 12-2として、例えば可変容量ダイオードを用いることができる。

【0019】

従って、図1のアレーアンテナ装置100において、各非励振素子A1, A2に接続された可変リアクタンス素子12-1, 12-2の各リアクタンス値を変化させることにより、アレーアンテナ装置100の平面指向特性を変化させることができる。

【0020】

図1のアレーアンテナの制御装置において、アレーアンテナ装置100は無線信号を受信し、上記受信された無線信号は同軸ケーブル1を介して低雑音増幅器(LNA)2に入力されて増幅され、次いで、ダウンコンバータ(D/C)3は増幅された無線信号を所定の間周波数の信号(IF信号)に低域変換する。さらに、A/D変換器4は、アナログ信号であるIF信号をデジタル信号に変換して受信信号yとして出力する。受信信号yは、アンテナコントローラ10に入

力されるとともに、復調器（図示せず。）に入力されて復調された信号に変換される。アンテナコントローラ10は、アレーアンテナ装置100で受信された無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ上記アレーアンテナ装置100の入力インピーダンス Z_{in} が実質的に変化しないように、2つの可変リアクタンス素子12-1, 12-2に対して第1のリアクタンス値セット(X_a, X_b)を設定する第1の場合と、2つの可変リアクタンス素子12-1, 12-2に対して第2のリアクタンス値セット(X_b, X_a)を設定する第2の場合とのうち、上記第1と第2の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となる時のリアクタンス値セットを選択して2つの可変リアクタンス素子12-1, 12-2に設定する。

【0021】

ここで、第1と第2のリアクタンス値セット(X_a, X_b), (X_b, X_a)は、図4に示すように設定される。すなわち、アレーアンテナ装置100の入力インピーダンス Z_{in} が実質的に変化しない2つの状態P1, P2（このときの入力インピーダンス $Z_{in} = Z_{inopt}$ ）を予め測定し、これら2つの状態P1, P2にそれぞれ対応する第1と第2のリアクタンス値セット(X_a, X_b), (X_b, X_a)を予め測定してアンテナコントローラ10内のリアクタンス値セットメモリ（図示せず。）に格納しておく。そして、アンテナコントローラ10は、2つの状態P1, P2のうち、各状態P1, P2の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となる時のリアクタンス値セットを選択して2つの可変リアクタンス素子12-1, 12-2に設定する。

【0022】

本実施形態のアレーアンテナの制御装置によれば、そのハードウェア構成が簡易であって、かつ、マルチパスフェージングが存在するときのアンテナ利得を単純な1ビットバイナリ制御（すなわち、第1及び第2のリアクタンス値セット(X_a, X_b), (X_b, X_a)のいずれかを選択する制御）で大きく改善する効果が得られるので、ラップトップ端末装置やPCカードなどの民生コンシューマ端末装置に搭載できるダイバシティアンテナとして用いることができる。この制御方法（1ビット制御）は、可変容量ダイオードを連続的に制御する方式におい

て必要な制御電圧発生用DAコンバータが不要となるので、アンテナ装置のさらなる小型化と低コスト化が図れる。また、上記の1ビットバイナリ制御により、アレーアンテナ装置100の入力インピーダンス Z_{in} を実質的にほとんど変化させないようにできる。

【0023】

なお、以上の実施形態においては、第1と第2のリアクタンス値セット(X_a , X_b), (X_b , X_a)を用いているが、本発明はこれに限らず、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつアレーアンテナ装置100の入力インピーダンスが実質的に変化しないように設定することができる、2組のリアクタンス値セット(X_a , X_b), (X_c , X_d) (ここで、 $X_a \neq X_d$, $X_b \neq X_c$)を用いてもよい。

【0024】

<第2の実施形態>

図4は、本発明に係る第2の実施形態であるアレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。この第2の実施形態では、図1の励振素子A0及び非励振素子A1, A2が、誘電体基板20の一方の面上にプリントされたストリップ導体として形成されたことを特徴としている。励振素子A0及び非励振素子A1, A2が形成された誘電体基板20は、例えば厚さ約1mmのガラスエポキシ樹脂、テフロン(登録商標)又はアルミナセラミックなどから構成されたプリント配線基板であって、励振素子A0及び非励振素子A1, A2は公知のプリント配線基板のプロセス技術により形成されている。また、誘電体基板20は接地導体11上に垂直に設けられる。

【0025】

ここで、励振素子A0は、所定の長さ h_1 を有したストリップ導体のアンテナ素子として誘電体基板20上に形成され、各非励振素子A1, A2は、長さ h_1 を有し、かつ励振素子A0に対して距離 d_1 を有して平行なストリップ導体のアンテナ素子として誘電体基板20上に形成されている。ここで、長さ h_1 は、送受信される無線信号の波長の約 $1/4$ の長さに設定される。

【0026】

図6は、図5の誘電体基板20の下部の詳細構成を示す斜視図である。誘電体基板20において、励振素子A0と非励振素子A1が形成された面とは反対側の面に、互いに離間して4つの電極21乃至24が形成されている。励振素子A0の下端（接地導体11に近い方の端部）は、誘電体基板20を貫通したスルーホール導体25を介して電極21と電氣的に接続される。電極22は接地導体11と電氣的に接続される。さらに、電極21は、LNA2に接続された同軸ケーブル1の中心導体1aに接続され、電極22は同軸ケーブル1の外部導体1bに接続される。非励振素子A1の下端は、誘電体基板20を貫通したスルーホール導体26を介して電極24に接続され、この電極24は、可変容量ダイオードD1のカソードに接続される。可変容量ダイオードD1は、可変リアクタンス素子12の一例である。可変容量ダイオードD1のアノードは電極23に接続され、電極23はまた接地導体11と電氣的に接続される。さらに、電極23及び24はそれぞれ、例えば数kΩないし数十kΩの高周波電流阻止用抵抗41、42及びペアケーブル5-1を介して当該アレーアンテナ装置の指向特性を制御するアンテナコントローラ10の印加バイアス電圧端子（図示せず。）に接続されている。

【0027】

以上のように構成されたアレーアンテナ装置においては、アンテナコントローラ10からのリアクタンス値信号に含まれる印加バイアス電圧が、ペアケーブル5-1を介して可変容量ダイオードD1の両端に印加され、このとき、印加バイアス電圧を変化することにより可変容量ダイオードD1の接合容量値、すなわちリアクタンス値を変化させることができる。アンテナコントローラ10は可変電圧直流電源の機能を有し、非励振素子A1に接続された可変容量ダイオードD1に印加する逆バイアス電圧を変化させることにより、可変容量ダイオードD1の接合容量を変化させ、これにより、非励振素子A1の電気長を、励振素子A0に比較して変化させ、また、同様に非励振素子A2の電気長を励振素子A0に比較して変化させることにより、当該アレーアンテナ装置の平面指向特性を変化させることができる。

【0028】

以上のように構成された第2の実施形態に係るアレーアンテナ装置によれば、制御が簡単であってその制御により入力インピーダンスが実質的に変化しないことに加えて、励振素子A0と非励振素子A1, A2が形成された誘電体基板20を接地導体11上に設けたので、従来のダイバシティアンテナに比較して構造が簡単であって、励振素子A0や非励振素子A1, A2を容易にかつ高精度で形成することができるアレーアンテナ装置を提供することができる。また、誘電体基板20上にストリップ導体にてなる励振素子A0と非励振素子A1, A2を形成しているので、プリント配線基板の形成技術で容易にアンテナ素子を形成することができ、製造工程がきわめて簡単になるという特有の利点を有する。

【0029】

<第1の実装例>

図7は、本発明に係る第1の実装例である、携帯型パーソナルコンピュータ200に搭載されたアレーアンテナ装置を示す図である。この実装例では、携帯型パーソナルコンピュータ200は、上部筐体201と下部筐体202とからなる折りたたみ型の筐体を有し、実施形態のアレーアンテナ装置210は、上部筐体201上に固定されるか、又は上部筐体201上に向きが可動であるように装着されることが可能である。アレーアンテナ装置210は、図5と同様に、誘電体基板上にプリントされて形成された1/4波長モノポール型のアレーアンテナ装置として図示されている。アレーアンテナ装置210において接地導体は図示されていないが、接地導体は上部筐体201に装着されていてもよく、又は上部筐体201が金属製の場合は上部筐体201が接地導体として利用されてもよい。なお、図7に示された実装例の制御装置として、上述のアンテナコントローラ10を用いることができる。

【0030】

<第2の実装例>

図8は、本発明に係る第2の実装例である、PCカード211に搭載されたアレーアンテナ装置を示す図である。この実装例では、接地導体として動作するPCカード211の本体上に設けられた、図1と同様の、1/4波長モノポール型のアレーアンテナ装置を図示している。PCカード211は、図7と同様の携帯

型パーソナルコンピュータ 200 の下部筐体 202 に設けられた PC カードスロット 203 に挿入されて、PC 200 のアンテナとして動作することが可能である。なお、図 8 に示された実装例の制御装置として、上述のアンテナコントローラ 10 を用いることができる。

【0031】

<第 3 及び第 4 の実施形態>

図 9 は、3 素子のエスパアンテナ解析モデルとして用いる、第 3 の実施形態に係るアレーアンテナ装置の平面図である。

【0032】

図 9 において、高さ $\lambda g/2$ (ここで、 λg は受信する所望波の管内波長である。) の矩形接地導体 11a が裏面に形成されてなる誘電体基板 20 のおもて面上に、3 本のマイクロストリップ導体を互いに間隔 d で離間して互いに平行に形成してマイクロストリップ線路を形成し、その先端を $\lambda/4$ (ここで、 λ は受信する所望波の自由空間波長である。) だけ接地導体 11a が形成されていない面上まで延在させることにより非励振素子 A2、励振素子 A0 及び非励振素子 A1 を形成した。ここで、マイクロストリップ線路の接地部分である接地導体 11a が、モノポールアンテナにおいての地板として機能する。なお、マイクロストリップ線路の給電部に完全導体の接地導体 11a を置いたのは、解析に用いたシミュレータの仕様によるものである。

【0033】

誘電体基板 20 の材料常数には、BT レジン/熱硬化 PPO 等の高周波用プリント基板を想定し、比誘電率 $\epsilon_r = 3.4$ 、誘電体損失 $\tan \delta = 0.003$ と設定した。また、誘電体基盤 20 の厚さを 0.6 mm としている。さらに、アンテナ素子 A0, A1, A2 の導体部及び接地導体 11a の材料には Au を想定し、その導電率には実測値に近い、 $\sigma = 3.3 \times 10^8 \text{ [S/m]}$ を設定した。マイクロストリップ線路の幅は、マイクロストリップ導体の特性インピーダンスが $50 \text{ }[\Omega]$ となる、 1.42 [mm] に設定した。その他のパラメータは図 9 に示した通りである。なお、図中の λg は基板誘電率から求められる実効波長を示す。

【0034】

次いで、図9の解析モデルを用いたときの電磁界解析結果（アドミタンス行列表示）について以下に説明する。

【0035】

エスパアンテナにおいてリアクタンス値を変更した場合のアレー指向性は、後述する等価ウェイトベクトル法で導きだすことができる。等価ウェイトベクトルは、アンテナを回路的に取り扱い、そのアドミタンス行列より導出される。電磁界シミュレータから導出されたアドミタンス行列から、素子間隔に対するアドミタンス値の変化を示す表現式を導出することで、3素子のエスパアンテナの基本構造式を得ることができる。

【0036】

そこで、素子間隔をパラメータとして、3素子エスパアンテナのアドミタンス行列の表現式を導出する。素子間隔は波長で規格化した値で表している。計算は素子間隔 $d = 0.1\lambda \sim 0.35\lambda$ の範囲で行った。3素子のエスパアンテナを3端子回路網として見て、そのアドミタンス行列を求める。3端子回路網のY行列は、次式で表される。

【0037】

【数1】

$$Y = \begin{bmatrix} y_{00} & y_{01} & y_{02} \\ y_{10} & y_{11} & y_{12} \\ y_{20} & y_{21} & y_{22} \end{bmatrix}$$

【0038】

ここで、相反定理並びに、アンテナ構造の対称性により、上記数1中のYパラメータには、次式の等号関係が成り立っている。

【0039】

【数2】

$$y_{11} = y_{22}$$

【数3】

$$y_{01} = y_{02} = y_{10} = y_{20}$$

【数 4】

$$y_{12} = y_{21}$$

【0040】

これらのパラメータは、その物理的意味からそれぞれ、以下のように呼び表すこととする。

- (1) y_{00} : 励振素子の自己アドミタンス。
- (2) y_{11} : 非励振素子の自己アドミタンス。
- (3) y_{01} : 励振素子と非励振素子との間の結合アドミタンス。
- (4) y_{12} : 2つの非励振素子の間の結合アドミタンス。

【0041】

図10乃至図17に、 $y_{00} \sim y_{12}$ の各アドミタンス値を、上述の解析モデルの条件下で電磁界シミュレーションを行い、多項式フィッティング（近似）した結果を示す。またそれぞれの表現式を次式に示す。表現式は、素子間隔 $d = 0.1\lambda \sim 0.35\lambda$ の範囲内で有効である。

【0042】

【数 5】

$$\operatorname{Re}\{y_{00}\} = 0.0045 - 0.0425\left(\frac{d}{\lambda}\right) + 0.1533\left(\frac{d}{\lambda}\right)^2$$

【数 6】

$$\operatorname{Im}\{y_{00}\} = -0.0519 + 0.253\left(\frac{d}{\lambda}\right) - 0.3802\left(\frac{d}{\lambda}\right)^2$$

【数 7】

$$\operatorname{Re}\{y_{11}\} = -0.0131 + 0.3984\left(\frac{d}{\lambda}\right) - 2.885\left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 + 8.9546\left(\frac{d}{\lambda}\right)^3 - 9.8593\left(\frac{d}{\lambda}\right)^4$$

【数 8】

$$\operatorname{Im}\{y_{11}\} = -0.0269 + 0.091\left(\frac{d}{\lambda}\right) - 0.1255\left(\frac{d}{\lambda}\right)^2$$

【数 9】

$$\operatorname{Re}\{y_{01}\} = -0.0029 + 0.0469\left(\frac{d}{\lambda}\right) - 0.2507\left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 + 0.6058\left(\frac{d}{\lambda}\right)^3 - 0.4074\left(\frac{d}{\lambda}\right)^4$$

【数 10】

$$\operatorname{Im}\{y_{01}\} = 0.0298 - 0.2618\left(\frac{d}{\lambda}\right) + 0.9086\left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 - 1.0566\left(\frac{d}{\lambda}\right)^3$$

【数 11】

$$\operatorname{Re}\{y_{12}\} = 0.0047 - 0.1017\left(\frac{d}{\lambda}\right) + 0.8628\left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 - 2.9996\left(\frac{d}{\lambda}\right)^3 + 3.5825\left(\frac{d}{\lambda}\right)^4$$

【数 12】

$$\operatorname{Im}\{y_{12}\} = -0.0024 + 0.0341\left(\frac{d}{\lambda}\right) - 0.1504\left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 + 0.0965\left(\frac{d}{\lambda}\right)^3 + 0.3008\left(\frac{d}{\lambda}\right)^4$$

【0043】

次いで、上記で求めたアドミタンス行列Yから、3素子のエスパアンテナの入力インピーダンス $2z_{in}$ （なお、受信時は出力インピーダンスとなる。）を導く。なお、定式化では、図18に示す第4の実施形態に係る等価ダイポールモデル（素子長 $= 1/2\lambda$ ）で行った。このため、係数は全て2倍となっている。図18において、励振素子A0は、2本のアンテナ素子A0a, A0bを備えて構成され、この2本のアンテナ素子A0a, A0bの給電ポートには、無線送信機13の、出力インピーダンス z_s を有する電圧 $2v_s$ の発振源13が接続される。また、非励振素子A1は、2本のアンテナ素子A1a, A1bを備えて構成され、そのアンテナポートには、リアクタンス値 $j2x_1$ の可変リアクタンス素子12-1が接続される。さらに、非励振素子A2は、2本のアンテナ素子A2a, A2bを備えて構成され、そのアンテナポートには、リアクタンス値 $j2x_2$ の可変リアクタンス素子12-2が接続される。

【0044】

以上のように構成された3素子のエスパアンテナの入力インピーダンス $Z_{in} = 2z_{in}$ は次式で表される。

【0045】

【数 1 3】

$$2z_{in} = z_{00} + 2z_{01}^2 \frac{z_{11} - z_{12} + j(x_1 + x_2)}{z_{12}^2 - (z_{11} + j2x_1)(z_{11} + j2x_2)}$$

【0 0 4 6】

上記数 1 3 中のインピーダンス $z_{00} \sim z_{12}$ は、循環性とアンテナ構造の対称性により、次式を用いて計算される。

【0 0 4 7】

【数 1 4】

$$z_{00} = \frac{y_{11}^2 - y_{12}^2}{\det Y}$$

【数 1 5】

$$z_{01} = \frac{y_{01}(y_{12} - y_{11})}{\det Y}$$

【数 1 6】

$$z_{11} = \frac{y_{00}y_{11} - y_{01}^2}{\det Y}$$

【数 1 7】

$$z_{12} = \frac{y_{01}^2 - y_{00}y_{12}}{\det Y}$$

【0 0 4 8】

ここで、 $\det Y$ は、アドミタンス行列 Y の行列式の値である。そして、入力インピーダンス Z_{in} の変化の度合いを確認するため、2 本の非励振素子 A_1 , A_2 のうちの 1 本 (図 18 の非励振素子 A_1) のリアクタンス値 $X_1 = 2x_2$ を 0、50、100 [Ω] にそれぞれ固定して、非励振素子 A_2 のリアクタンス値の半値 x_2 の値を -100 ~ 100 [Ω] の範囲内で変化させた。算出される入力インピーダンス $Z_{in} = 2z_{in}$ の値を、実数成分と虚数成分に分けて、図 19 及び図 20 に示した。

【0 0 4 9】

本発明者らのシミュレーションによれば、2 素子のエスパアンテナの場合、入

カインピーダンスの変化は素子間隔に依存して40～100 [Ω] 程度変化していたのに対して、3素子のエスパアンテナでは、図19及び図20に示すように、10 [Ω] 以下に押さえられている。3素子の構成は、基本的にリアクタンス値の変化に対して、入力インピーダンスの変化幅が小さい。また、3素子エスパアンテナでは、リアクタンス値 x_1 と x_2 には、同じ値の組み合わせを交互に切り替えて割り当てるため、指向性パターンを切り替えた後の入力インピーダンスの値は一致する。3素子のエスパアンテナは2素子のエスパアンテナに対して、整合設計が行いやすいことが確認できた。

【0050】

次いで、等価ウェイトベクトル法（アレーファクタ）について以下に説明する。一般に、アレーアンテナの指向性は素子単体の指向性とアレー応答ベクトル（アレーファクタ）の積で表される。3素子のエスパアンテナのアレーファクタを求めるために、ここでは等価ウェイトベクトル法を用いる（例えば、非特許文献2及び4参照。）。

【0051】

これは、アレーファクタをステアリングベクトルとウェイトベクトルの内積で表し、そのウェイトベクトルはこのアンテナを送信モードで励振した際の電流ベクトルと等価であるとする方法である。アレーファクタ $D(\phi)$ を以下のように定義する。ここで、 w (w_0 、 w_1 、 w_2) は各アンテナ素子 A_0 、 A_1 、 A_2 の等価ウェイトであり、 z_s [Ω] と v_s [V] は送信給電系の出力インピーダンスと内部電圧であり、 x_1 、 x_2 [Ω] はそれぞれ非励振素子 A_1 、 A_2 にそれぞれ接続された可変リアクタンス素子 $12-1$ 、 $12-2$ のリアクタンス値である。なお、定式化は、図18の等価ダイポールモデルで行うため、全て2倍の係数がつく。

【0052】

【数18】

$$D(\phi) = a(\phi) \cdot w$$

【0053】

ここで、上記数18中の $a(\phi)$ 、 w は、それぞれ次式で表される。

【0054】

【数19】

$$\alpha(\phi) = \begin{bmatrix} 1 \\ \exp\left(-j\frac{2\pi d}{\lambda}\cos(\phi)\right) \\ \exp\left(j\frac{2\pi d}{\lambda}\cos(\phi)\right) \end{bmatrix}$$

【数20】

$$w = 2z_s (Y^{-1} + X) - 1u_0$$

【0055】

ここで、上記数20中のX、 u_0 は、それぞれ以下の通りである。

【0056】

【数21】

$$X = \text{diag}(2z_s, j2x_1, j2x_2)$$

【数22】

$$u_0 = [1 \quad 0 \quad 0]^T$$

【0057】

上記数18で計算できるアレーファクタ $D(\phi)$ には、給電系とアンテナのインピーダンス不整合による損失も考慮されている。装荷する可変リアクタンス素子12-1, 12-2のリアクタンス値 $2x_1$, $2x_2$ をパラメータとし、アレーファクタ $D(\phi)$ を方位角 ϕ の関数としてプロットすると、振幅及び位相指向性を得る。方位角は励振素子A0から非励振素子A1を見た方向を0度とした。

【0058】

図21に、素子間隔 $d = 0.15\lambda$ の時の振幅指向性を示し、図22にそのときの位相指向性を示す。指向性には対称性があるため、0～180[度]の範囲内で図示した。

【0059】

さらに、3素子のエスパアンテナのリアクタンスダイバシティ効果の確認結果について以下に説明する。

【0060】

上述したように、3素子のエスパアンテナにおいても、リアクタンス制御を行うことによってその振幅位相の方位角依存性を変化させることができる。これを適応的に用いることで、フェージングによるレベル低下が生じる条件、すなわち同振幅逆位相状態を回避できる。このことを定量的に確認するため、以下のシミュレーションを行った。

【0061】

当該シミュレーションは、2素子エスパアンテナの場合と同様、等振幅2波モデルを用いて行った。図23にそのモデル図を示す。干渉性のある2波 s_1 、 s_2 が等振幅かつランダム位相差で到来する環境に3素子のエスパアンテナを置いた場合受信される信号を y とする。 y はアレーファクタ $D(\phi)$ を用いて、次式で表される。なお、2波の到来方位角 ϕ_1 と ϕ_2 は 360 [度] の範囲内で無関係かつランダムであるとする。

【0062】

【数23】

$$\begin{aligned} y &= D(\phi_1) s_1 + D(\phi_2) s_2 \\ &= D(\phi_1) a_0 \exp(-j\phi_1) + D(\phi_2) a_0 \exp(-j\phi_2) \end{aligned}$$

【0063】

ここで、3素子のエスパアンテナのリアクタンス値 x_1 、 x_2 を2状態に制御して、受信電力 $(y \cdot y^*)$ が高くなる方を選択するというアルゴリズムでフェージングを回避するものとする。 x_1 、 x_2 は、同じ値の組み合わせを交互に切り替えて用いるものとする。

【0064】

図24に、給電系インピーダンス $z_s = 50$ [Ω] (ダイポールモデル換算で 100 [Ω])、素子間隔 $d = 0.15\lambda$ とした場合の、フェージング劣化の累積確率分布(CDF曲線)を示す。リアクタンス値は 0 [Ω] と 50 [Ω] の2状態に交互に切り替えて制御する。図24のグラフの縦軸は、到来波1波あたりの信号電力 $a_0 a_0^*$ を基準とした、ダイバシティ受信信号電力が横軸のdB表

示値を超える事象の累積確率（CDF値）である。比較のため、等振幅の2つの到来波が存在するモデルにおける無指向性の単一アンテナ装置のフェージングCDFの理論値（次式参照。）を図24に点線で示す。

【0065】

【数24】

$$\frac{P}{a_o a_o^*} = 2 + 2 \cos \left\{ \text{prob} \left(yy^* \geq P \right) \pi \right\}$$

【0066】

ここで、 $\text{prob} (yy^* \geq P)$ は受信信号電力 yy^* が P 以上となる確率である。特に、深いフェージングが発生している領域、すなわち

【数25】

$$\text{prob} (yy^* \geq P) \ll 1/\pi$$

の領域では、次式が漸近線となる。

【0067】

【数26】

$$P = p^2 \pi^2 a_o a_o^*$$

【0068】

図24から明らかなように、3素子のエスパアンテナは、単一アンテナに比べて、CDF90%値で5dBのダイバーシティ利得301が得られ、CDF99%値で約10dBのダイバシティ利得302が得られることがわかる。また、20dBのフェージング劣化が発生する確率も約0.5%に低減し、30dBでは約0.07%と、単一アンテナに対して大きく低減している。

【0069】

図24において、受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力を超える事象の累積確率であるCDF値が例えば90%又は99%などの所定値であるときに、ダイバシティ利得が所定値以上となりかつ入力インピーダンス Z_{in} が実質的に変化しないような第1及び第2のリアクタンス値セットを選択して設定することがより好ましい。さらに、受信される無線信号の信号電力が所定の信号電力

を超える事象の累積確率である CDF 値が例えば 90% 又は 99% などの所定値であるときに、ダイバシティ利得が実質的に最大となるように第 1 及び第 2 のリアクタンス値セットを選択して設定することが最も好ましい。

【0070】

次に、素子間隔とダイバシティ利得の関係を図 25 に示す。CDF 90% 値ならびに CDF 99% 値ともに、素子間隔 $0.1\lambda \sim 0.35\lambda$ の範囲内では素子間隔と得られるダイバシティ利得との間に大きな依存性がない。このことは、3 素子エスパアンテナの実装設計において、公差を厳しく設定する必要がないことを意味する。

【0071】

以上説明したように、本実施形態に係る 3 素子のエスパアンテナにより、リアクタンス値切り替えによるアンテナ入力インピーダンスの変化を押さえられることが確認できた。リアクタンスを 2 状態に制御するアルゴリズムで、等振幅 2 波モデルにおけるダイバシティ利得を算出した。単一アンテナに対して、累積確率分布 90% 値で約 5 dB、99% 値で約 10 dB のダイバシティ利得が得られることがわかった。素子間隔 $0.1\lambda \sim 0.35\lambda$ の範囲内において得られるダイバシティ利得に大きな差はないため、実装の公差を厳しくする必要がなく、コスト面の点でも有利であることがわかった。

【0072】

すなわち、アンテナ素子間隔には強く依存しないので、アンテナ装置を実装するときに機械的公差を厳密に正確にする必要がなく、折りたたみ展開式構造や柔軟弾性素材によるアンテナ装置の実装にも有効である。このアレーアンテナの制御装置はハードウェア構成が簡易で、かつ、単純な 1 ビットバイナリ制御で大きなフェージング改善効果が得られるので、ラップトップ端末装置や PC カードなどの民生コンシューマ端末装置に搭載できるダイバシティアンテナとして用いることができる。

【0073】

さらに、エスパアンテナの可変リアクタンス素子は、例えば、安価な可変容量ダイオードで構成されるので、1 つの励振素子と 2 つの非励振素子とを備えたエ

スパアンテナは、単極双投RFスイッチによる従来の2素子選択式ダイバシティアンテナに比べて低コストとなる。また、可変容量ダイオードは常に逆バイアスで動作するので、PINダイオードスイッチのようなオン時の直流電流消費が無い。FETスイッチに比べても、可変容量ダイオードは低コストかつ低損失である。さらに、エスパアンテナはアンテナ素子間隔を比較的狭くしても動作することからアンテナ装置全体を小型化できる。

【0074】

以上の実施形態においては、3素子のエスパアンテナについて説明しているが、本発明はこれに限らず、1本の励振素子と、偶数本の非励振素子を備えるエスパアンテナであってもよい。すなわち、当該エスパアンテナは、送信された無線信号を受信するための励振素子と、上記励振素子から所定の間隔だけ離れて設けられた偶数本の非励振素子と、上記各非励振素子にそれぞれ接続された偶数個の可変リアクタンス素子とを備え、上記各可変リアクタンス素子に設定するリアクタンス値を変化させることにより、上記各非励振素子を導波器又は反射器として動作させ、当該エスパアンテナであるアレーアンテナの指向特性を変化させるものである。ここで、上記偶数本の非励振素子は、少なくとも1本の第1の組の非励振素子と、少なくとも1本の第2の組の非励振素子とからなり、上記偶数個の可変リアクタンス素子は、上記第1の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第1の組の可変リアクタンス素子と、上記第2の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第2の組の可変リアクタンス素子とからなる。そして、アンテナコントローラ10は、当該エスパアンテナによって受信される無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ当該エスパアンテナの入力インピーダンスが実質的に変化しないように、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第1のリアクタンス値セットを設定する第1の場合と、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第2のリアクタンス値セットを設定する第2の場合とのうち、上記第1と第2の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となるときのリアクタンス値セットを選択して上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に設定するように構成してもよい。

【0075】

図26は、本発明に係る変形例のエスパアンテナを示す平面図である。図26において、各非励振素子A1、A2、A3、A4は励振素子A0を中心として半径dの円周上にあり、非励振素子A2と、励振素子A0と、非励振素子A1とを一直線上に並置してなり、しかも非励振素子A3と、励振素子A0と、非励振素子A4とを一直線上に並置し、アンテナ素子A3、A0、A1により成される角度 θ 及びアンテナ素子A2、A0、A4により成される角度 θ を直角に設定している。なお、各アンテナ素子A0-A4は接地導体11上であって、電氣的に絶縁されるように立設されている。ここで、例えば、非励振素子A1、A3を第1の組の非励振素子とし、非励振素子A2、A4を第2の組の非励振素子としたとき、非励振素子A1、A3にそれぞれ接続される可変リアクタンス素子12-1、12-3を第1の組の可変リアクタンス素子とし、非励振素子A2、A4にそれぞれ接続される可変リアクタンス素子12-2、12-4を第2の組の可変リアクタンス素子とする。ここで、アンテナコントローラ10は、当該エスパアンテナによって受信される無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ当該エスパアンテナの入力インピーダンスが実質的に変化しないように、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第1のリアクタンス値セット(Xa, Xb)を設定する第1の場合(第1の組の可変リアクタンス素子に属する各可変リアクタンス素子に対してリアクタンス値Xaを設定し、第2の組の可変リアクタンス素子に属する各可変リアクタンス素子に対してリアクタンス値Xbを設定する。)と、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第2のリアクタンス値セット(Xb, Xa)を設定する第2の場合(第1の組の可変リアクタンス素子に属する各可変リアクタンス素子に対してリアクタンス値Xbを設定し、第2の組の可変リアクタンス素子に属する各可変リアクタンス素子に対してリアクタンス値Xaを設定する。)とのうち、上記第1と第2の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となるときのリアクタンス値セットを選択して上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に設定する。なお、上記第2のリアクタンス値セットは、(Xc, Xd)であってもよい。さらに、上記の変形例において、 $\theta = 90$ 度としているが、

本発明はこれに限らず、 $0 < \theta < 180$ [度] であってもよい。

【0076】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明に係るアレーアンテナの制御装置又は方法によれば、3素子以上の奇数個の素子を有するエスパアンテナ装置において、偶数本の非励振素子は、少なくとも1本の第1の組の非励振素子と、少なくとも1本の第2の組の非励振素子とからなり、偶数個の可変リアクタンス素子は、上記第1の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第1の組の可変リアクタンス素子と、上記第2の組の各非励振素子にそれぞれ接続された第2の組の可変リアクタンス素子とからなり、アレーアンテナによって受信される無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ上記アレーアンテナの入力インピーダンスが実質的に変化しないように、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第1のリアクタンス値セットを設定する第1の場合と、上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に対して第2のリアクタンス値セットを設定する第2の場合とのうち、上記第1と第2の場合においてそれぞれ受信される各無線信号の信号電力の、より大きい値となるときのリアクタンス値セットを選択して上記第1及び第2の組の可変リアクタンス素子に設定する。従って、従来技術に比較して、ハードウェア構成がきわめて簡単であるとともに、きわめて簡単な制御でより大きなダイバシティ利得を得ることができる。また、上記アレーアンテナの入力インピーダンスを実質的に変化させることがない。特に、マルチパスフェージングが存在するときのアンテナ利得を単純な1ビット制御で大きく改善する効果が得られるので、ラップトップ端末装置やPCカードなどの民生コンシューマ端末装置に搭載可能なダイバシティアンテナを実現できる。また、本発明に係る1ビット制御では、可変リアクタンス素子を連続的に制御する従来技術において必要な制御電圧発生用DAコンバータが不要となるので、アンテナ装置のさらなる小型化と低コスト化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態に係るアレーアンテナの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】 図 1 のアレーアンテナ装置 100 の詳細構成を示す斜視図である。

【図 3】 図 2 の A-A' 線における縦断面図である。

【図 4】 実施形態に係るアレーアンテナ装置における可変リアクタンス素子 12-1, 12-2 への制御電圧に対するリアクタンス値と入力インピーダンス値を示すグラフである。

【図 5】 本発明に係る第 2 の実施形態であるアレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 6】 図 5 の誘電体基板 20 の下部の詳細構成を示す斜視図である。

【図 7】 本発明に係る第 1 の実装例である、携帯型パーソナルコンピュータ 200 に搭載された図 4 のアレーアンテナ装置を示す図である。

【図 8】 本発明に係る第 2 の実装例である、PC カード 211 に搭載された図 1 のアレーアンテナ装置を示す図である。

【図 9】 本発明に係る第 3 の実施形態であるアレーアンテナ装置の構成を示す斜視図である。

【図 10】 図 9 のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する励振素子の自己アドミタンスの実数部 $\text{Re}(y_{00})$ を示すグラフである。

【図 11】 図 9 のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する励振素子の自己アドミタンスの虚数部 $\text{Im}(y_{00})$ を示すグラフである。

【図 12】 図 9 のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する非励振素子の自己アドミタンスの実数部 $\text{Re}(y_{11})$ を示すグラフである。

【図 13】 図 9 のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する非励振素子の自己アドミタンスの虚数部 $\text{Im}(y_{11})$ を示すグラフである。

【図 14】 図 9 のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する、励振素子と非励振

素子との間の結合アドミタンスの実数部 $\text{Re}(y_{01})$ を示すグラフである。

【図15】 図9のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する、励振素子と非励振素子との間の結合アドミタンスの虚数部 $\text{Im}(y_{01})$ を示すグラフである。

【図16】 図9のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する、2つの非励振素子間の結合アドミタンスの実数部 $\text{Re}(y_{12})$ を示すグラフである。

【図17】 図9のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する、2つの非励振素子間の結合アドミタンスの虚数部 $\text{Im}(y_{12})$ を示すグラフである。

【図18】 本発明に係る第4の実施形態であるアレーアンテナ装置の構成を示すブロック図である。

【図19】 図18のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、可変リアクタンス素子12-2のリアクタンス値の半値 x_1 に対する、アレーアンテナ装置の入力インピーダンス Z_{in} の実数部 $\text{Re}(Z_{in})$ を示すグラフである。

【図20】 図18のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、可変リアクタンス素子12-2のリアクタンス値の半値 x_1 に対する、アレーアンテナ装置の入力インピーダンス Z_{in} の虚数部 $\text{Im}(Z_{in})$ を示すグラフである。

【図21】 図18のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、振幅指向特性を示すグラフである。

【図22】 図18のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、位相指向特性を示すグラフである。

【図23】 実施例に係る2波到来環境モデルを示す平面図である。

【図24】 図18のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、フェージング劣化の累積確率分布を示すグラフである。

【図25】 図18のアレーアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、波長 λ で正規化されたアンテナ素子間隔 d/λ に対する、ダイバーシティ

利得を示すグラフである。

【図 26】 本発明に係る変形例であるアレーアンテナ装置の平面図である。

。

【図 27】 従来技術に係る 2 素子のアレーアンテナ装置の構成を示すブロック図である。

【図 28】 図 27 のアレーアンテナ装置における可変リアクタンス素子 12-1 への制御電圧に対するリアクタンス値 X_1 及び入力インピーダンス Z_{in} を示すグラフである。

【符号の説明】

A0…励振素子、
A1, A2, A3, A4…非励振素子、
A0a, A0b, A1a, A1b, A2a, A2b…アンテナ素子、
D1…可変容量ダイオード、
1…同軸ケーブル、
1a…中心導体、
1b…外部導体、
2…低雑音増幅器 (LNA)、
3…ダウンコンバータ (D/C)、
4…A/D変換器、
5-1, 5-2…ペアケーブル、
10…アンテナコントローラ、
11, 11a…接地導体、
12-1, 12-2…可変リアクタンス素子、
20…誘電体基板、
21, 22, 23, 24…電極、
25, 26…スルーホール導体、
100, 210…アレーアンテナ装置、
200…携帯型パーソナルコンピュータ、
201…上部筐体、



2 0 2 … 下部筐体、

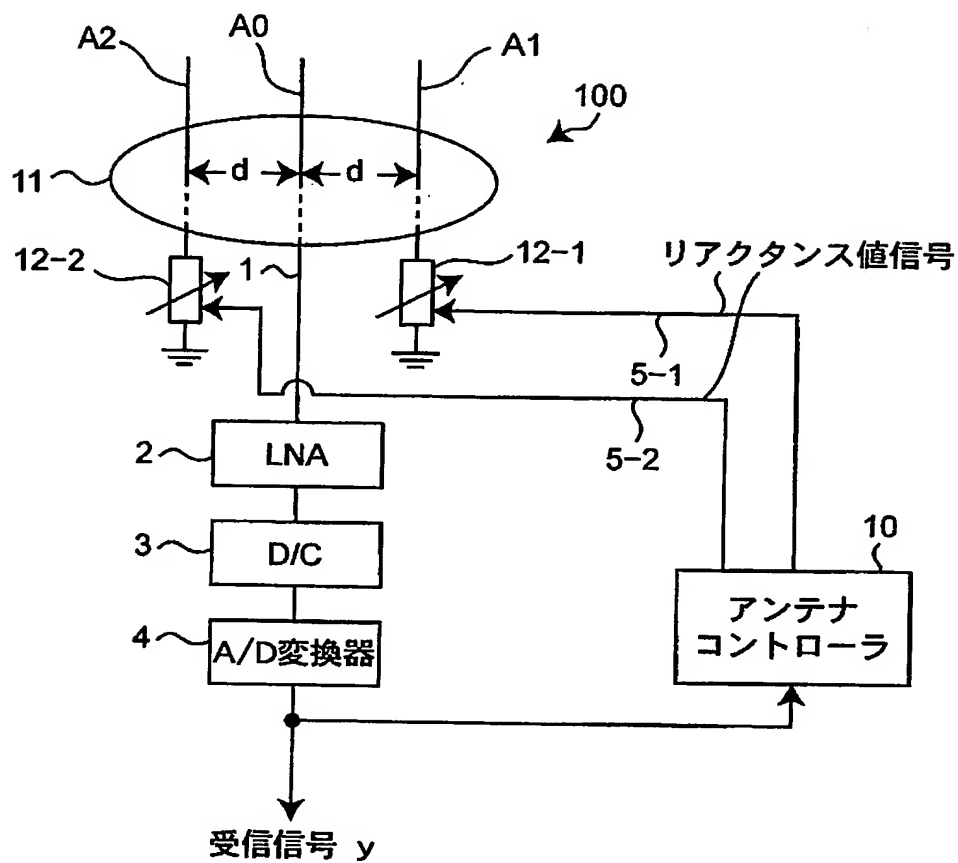
2 0 3 … P C カードスロット、

2 1 1 … P C カード型アレーアンテナ装置、

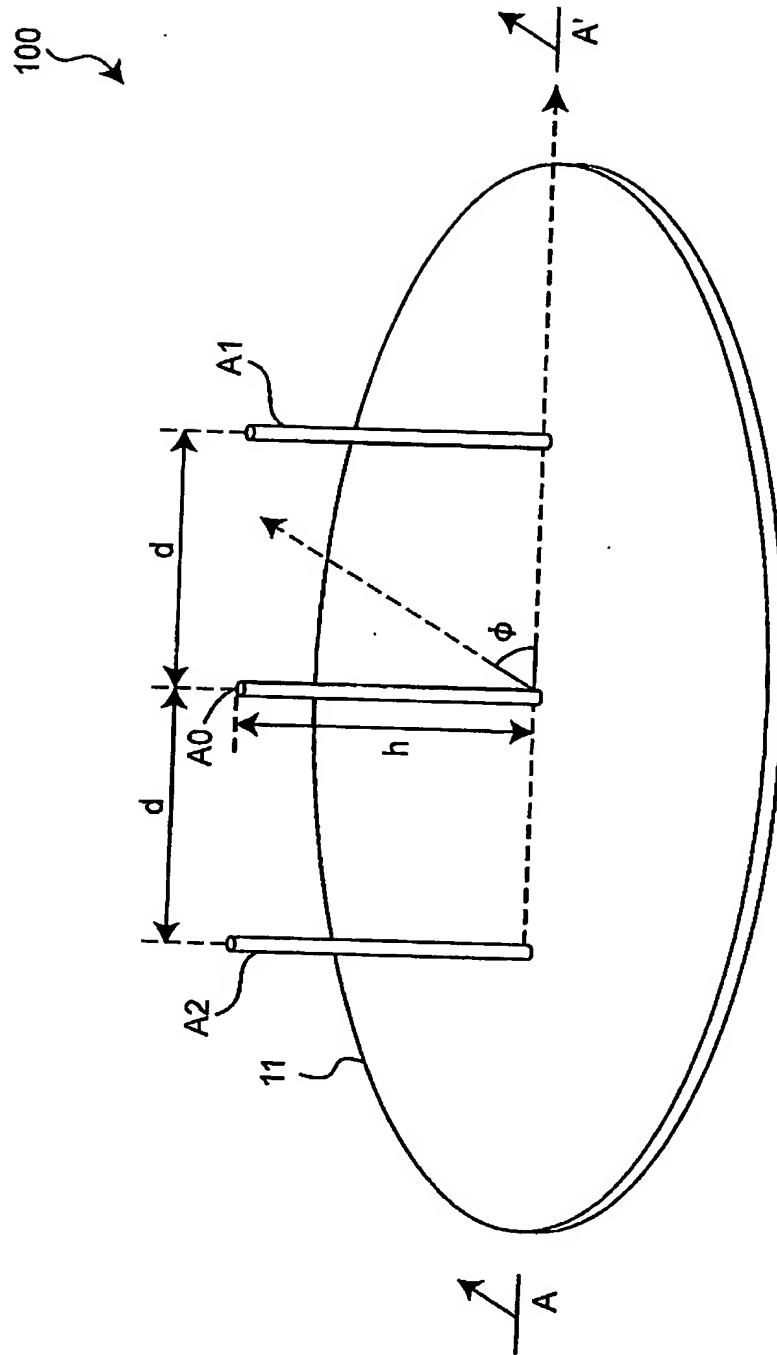
3 0 1, 3 0 2 … ダイバシティ利得。

【図 1】

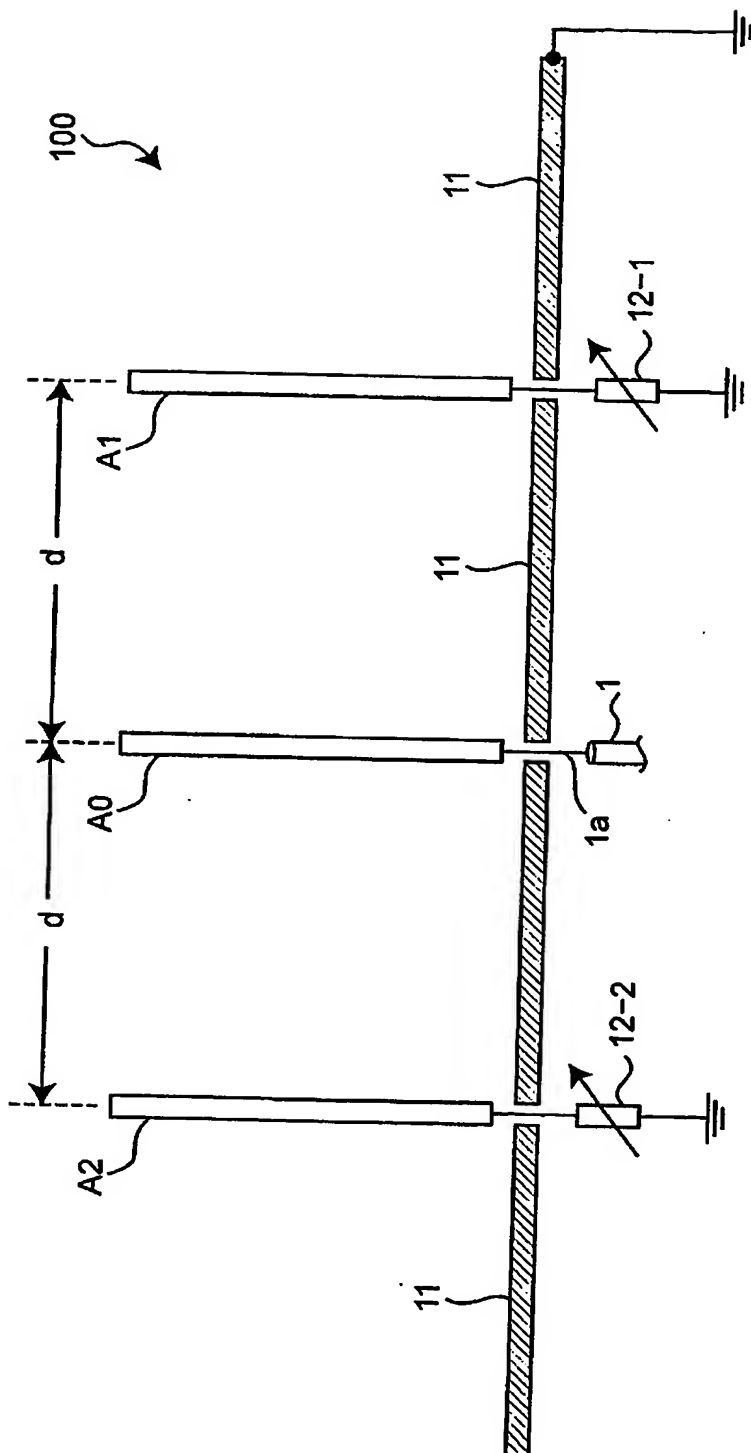
第1の実施形態



【図 2】

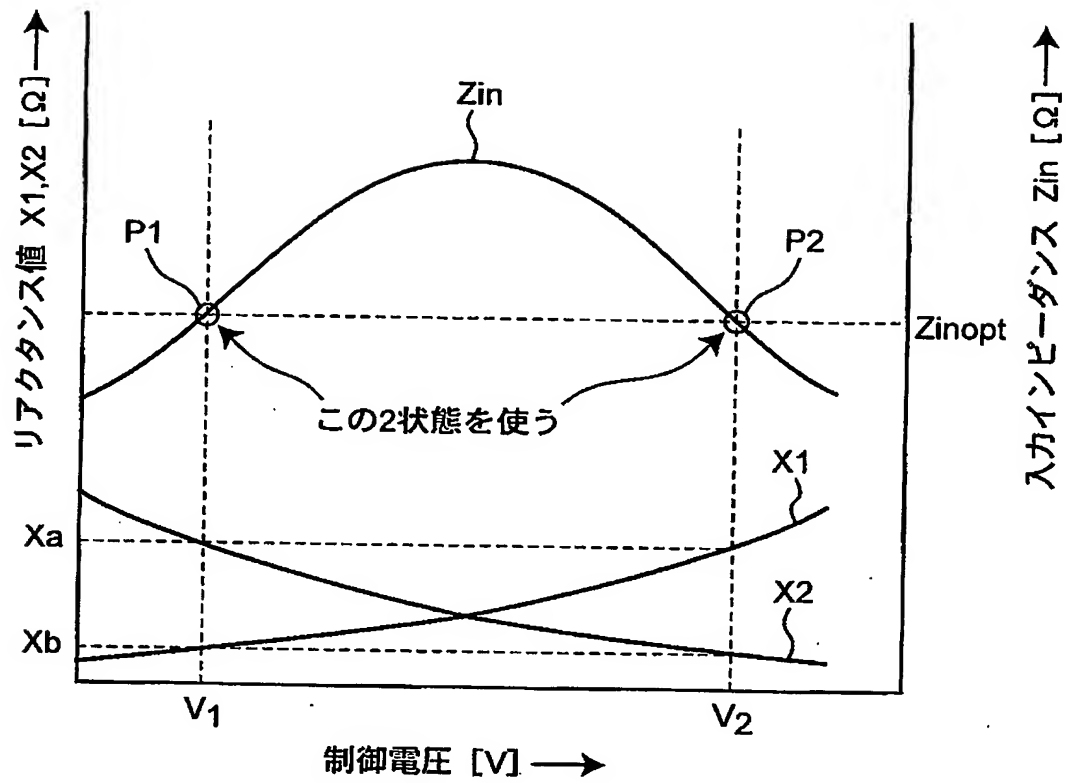


【図 3】



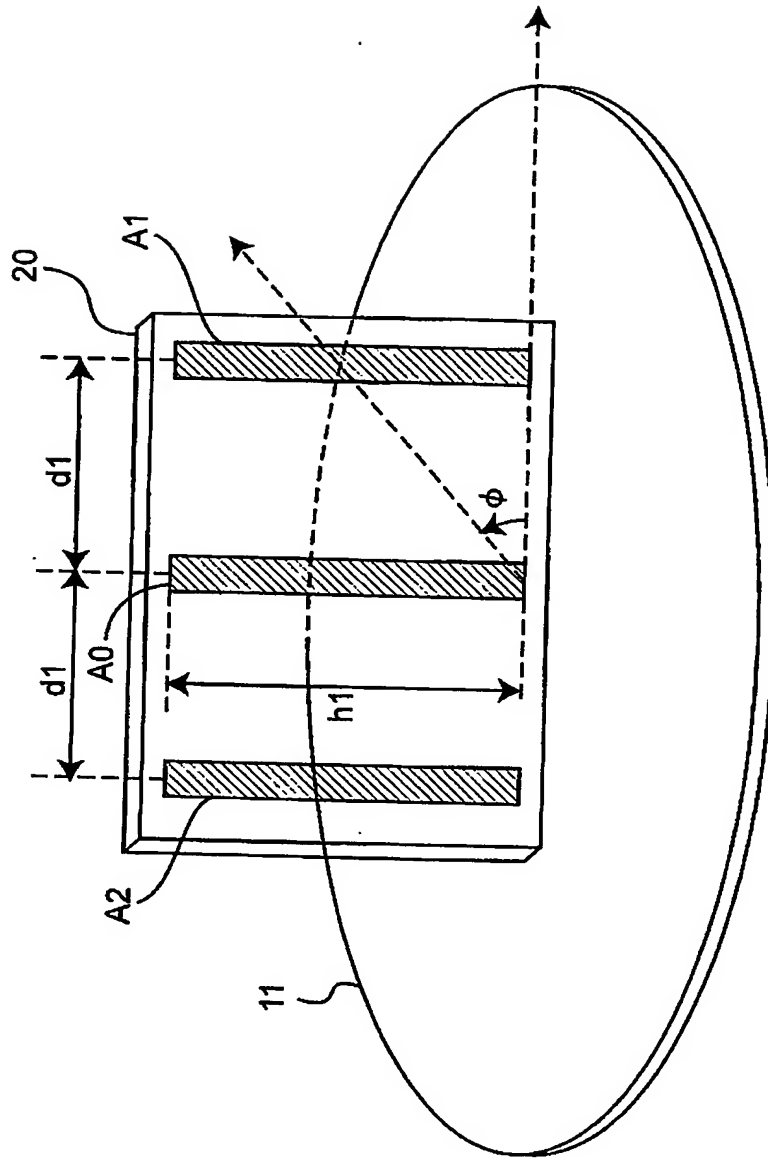
【図 4】

実施形態

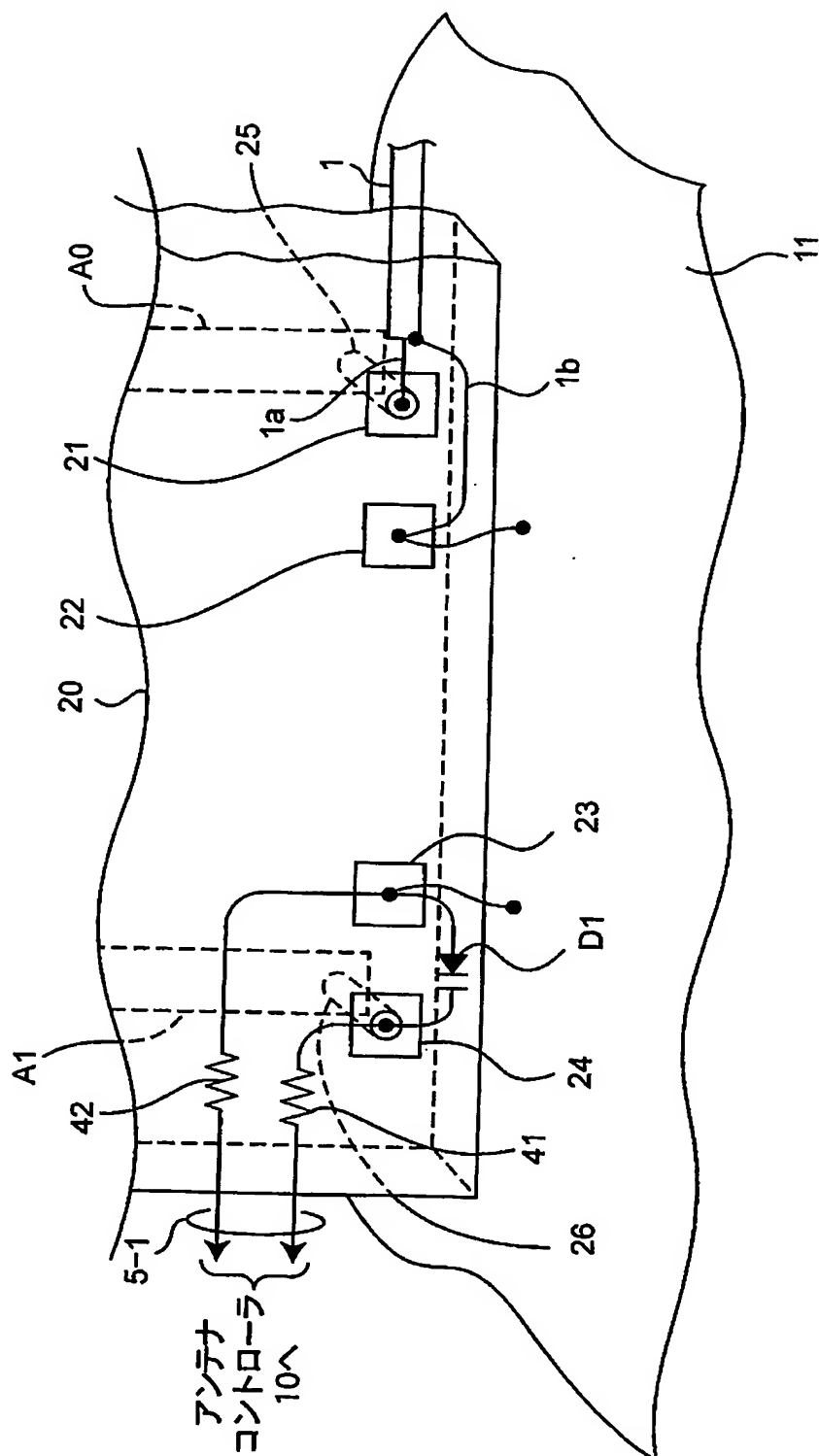


【図 5】

第2の実施形態

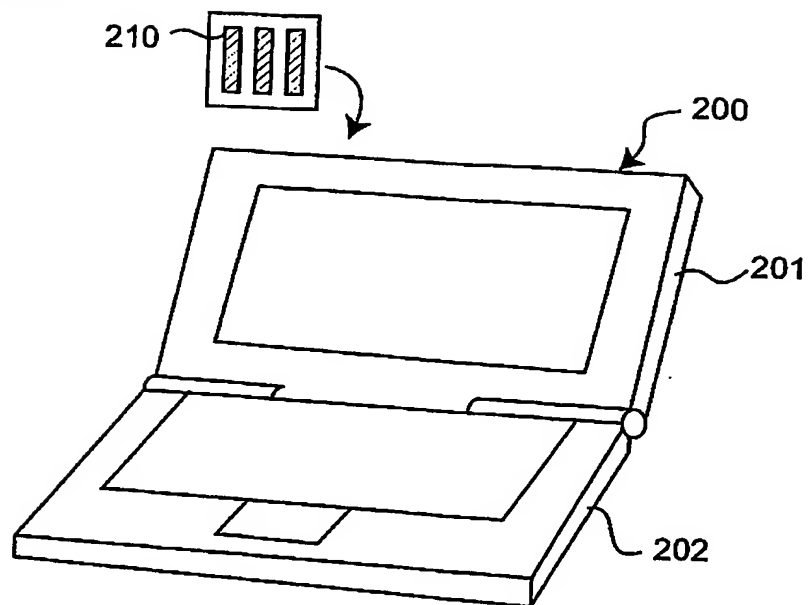


【図 6】



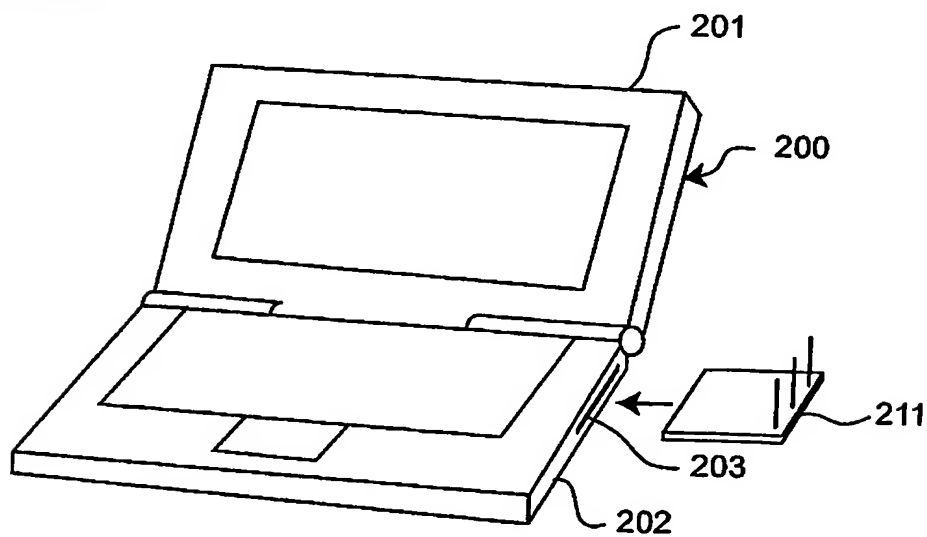
【図 7】

第 1 の実装例

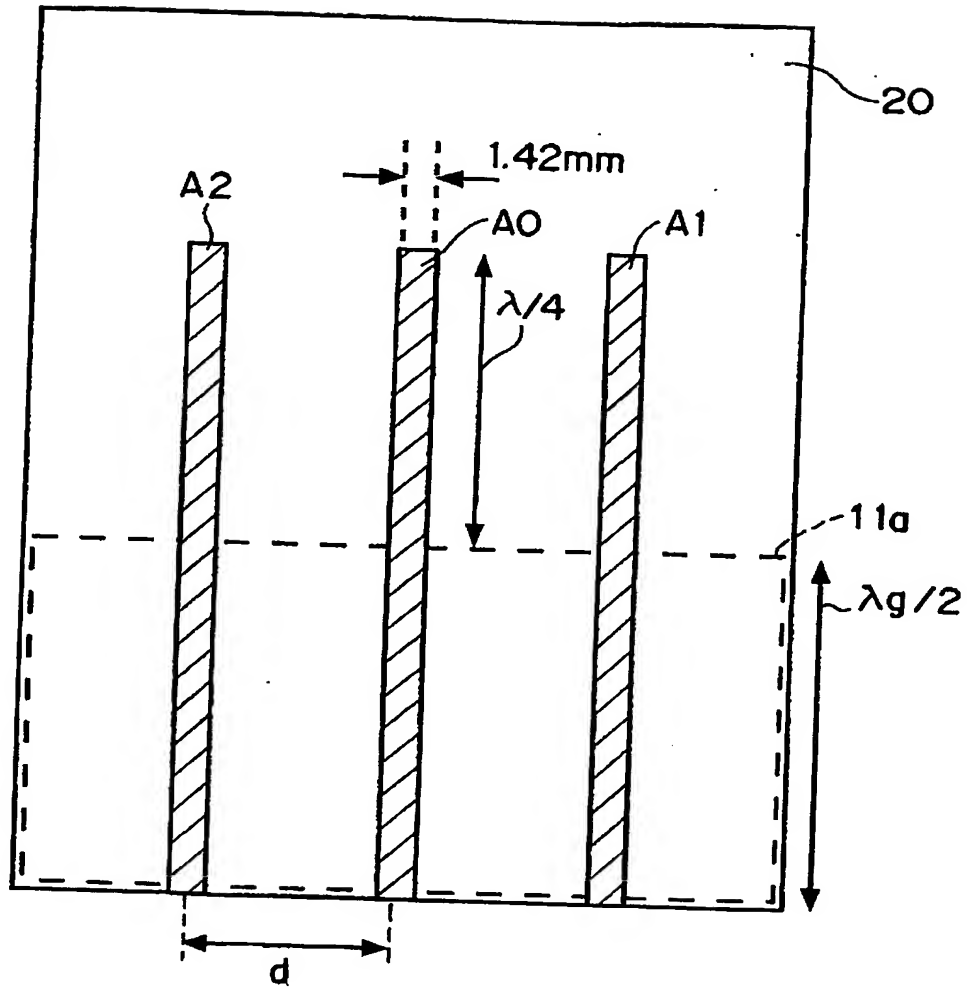


【図 8】

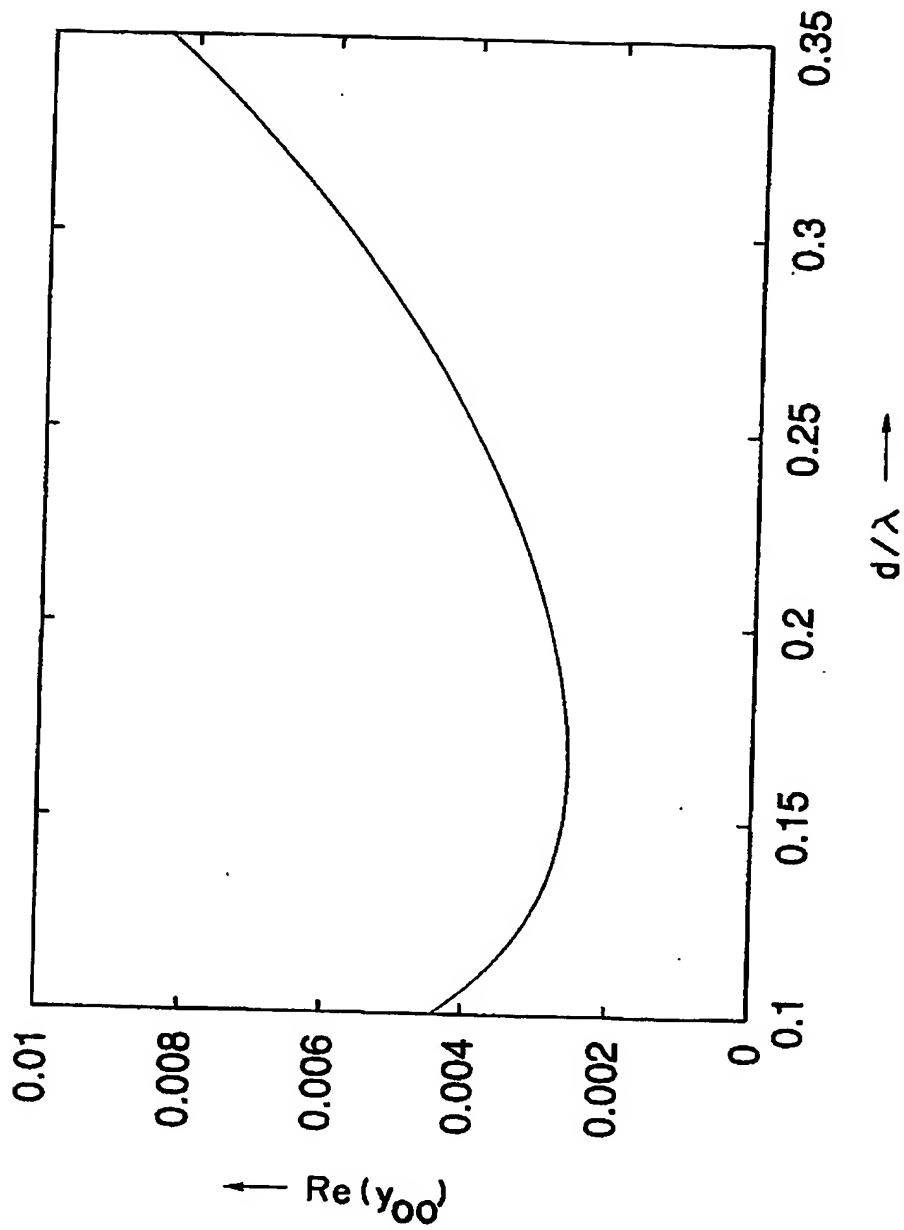
第 2 の実装例



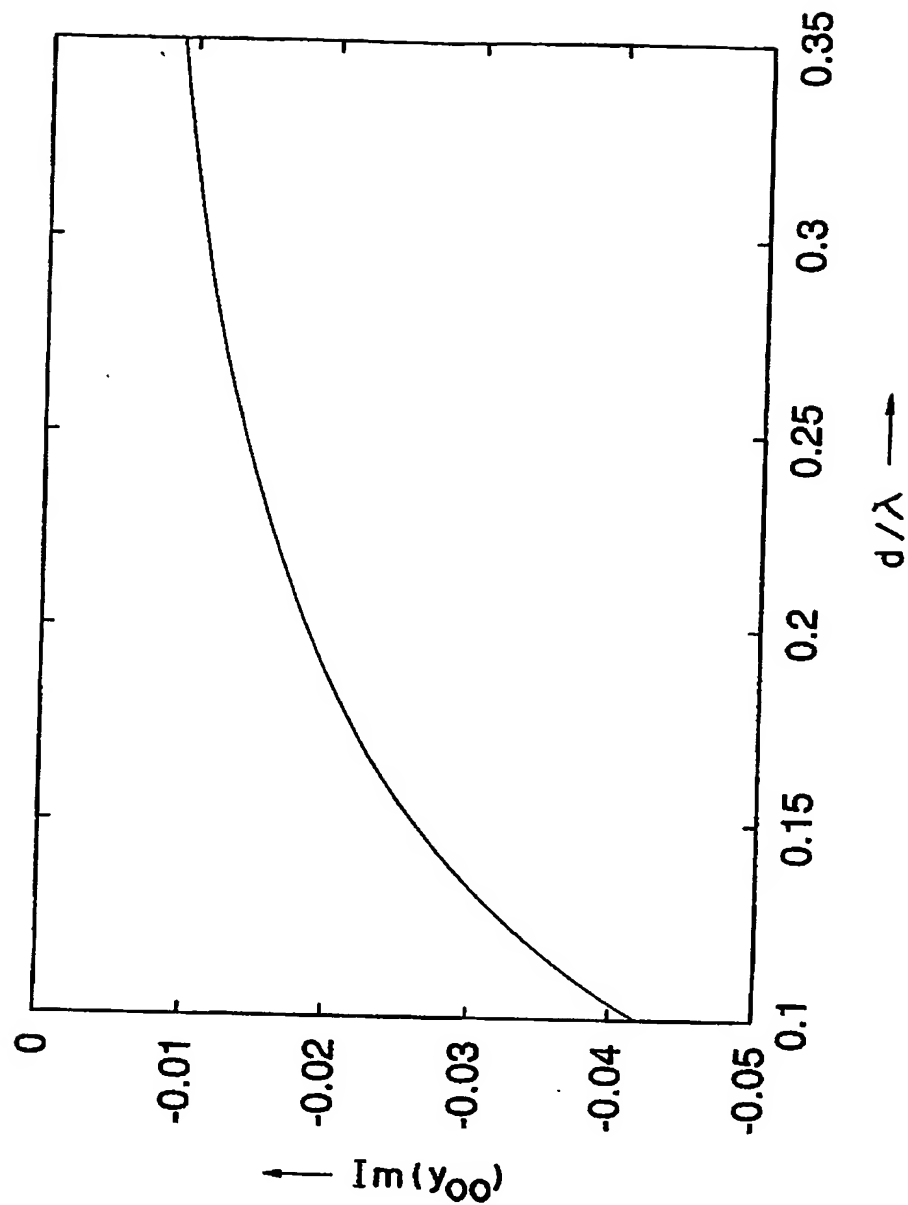
【図 9】



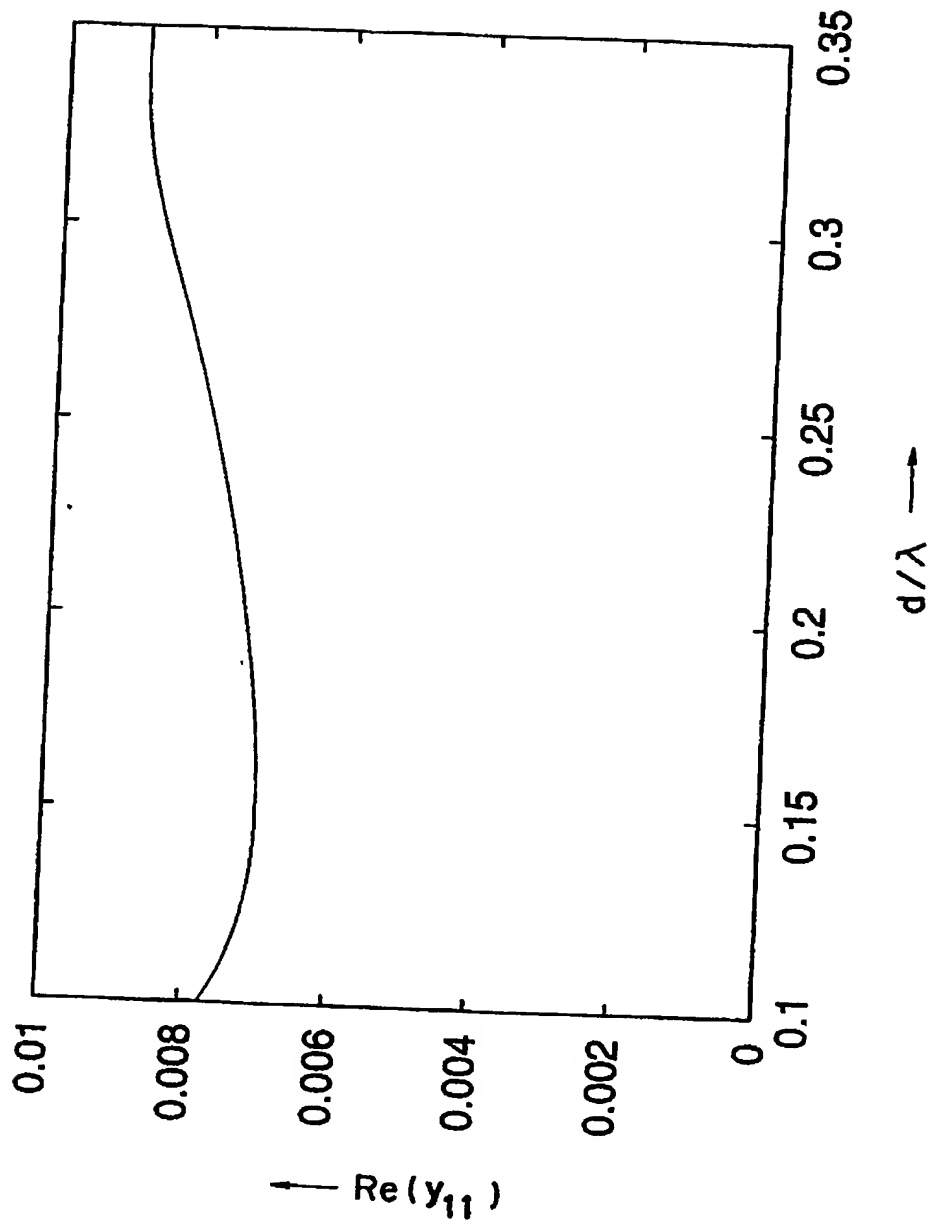
【図 10】



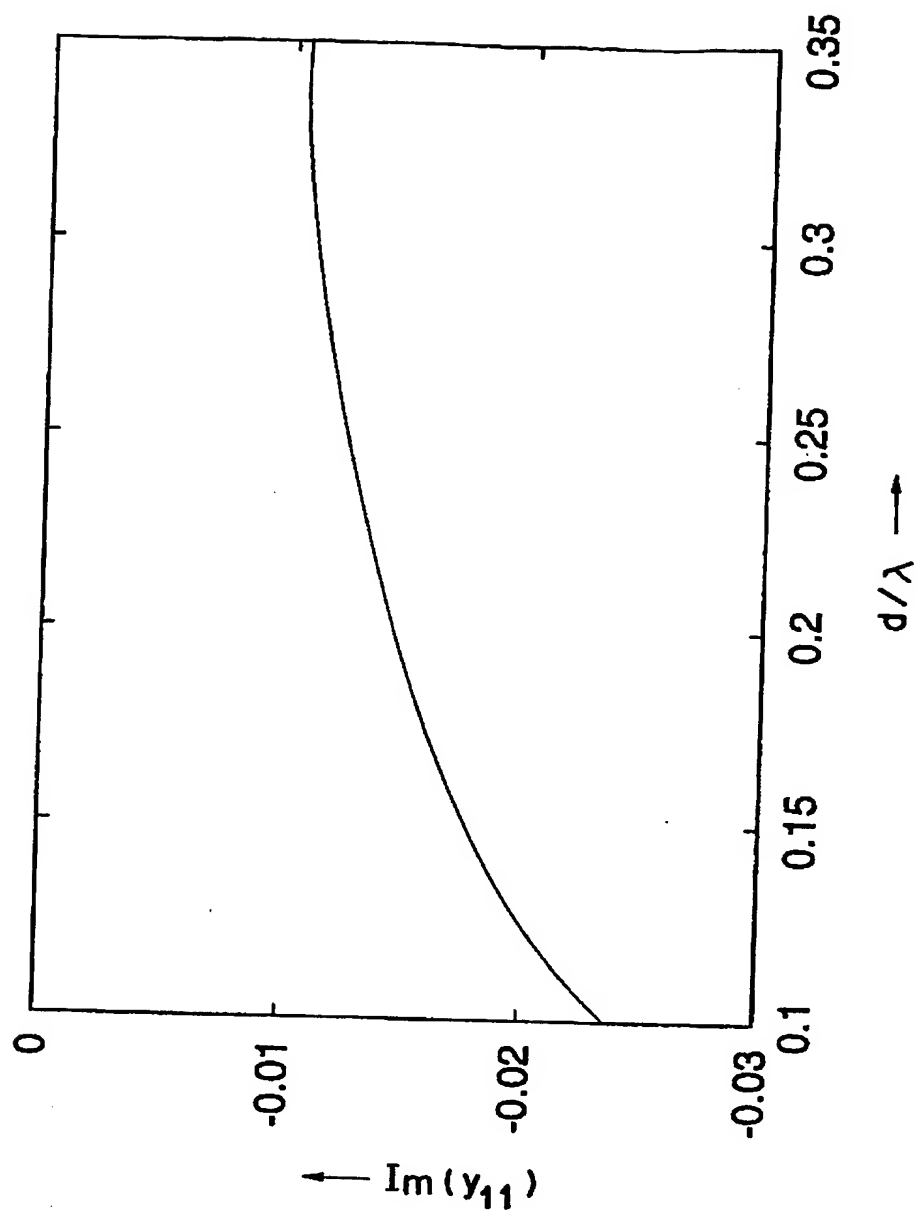
【図 11】



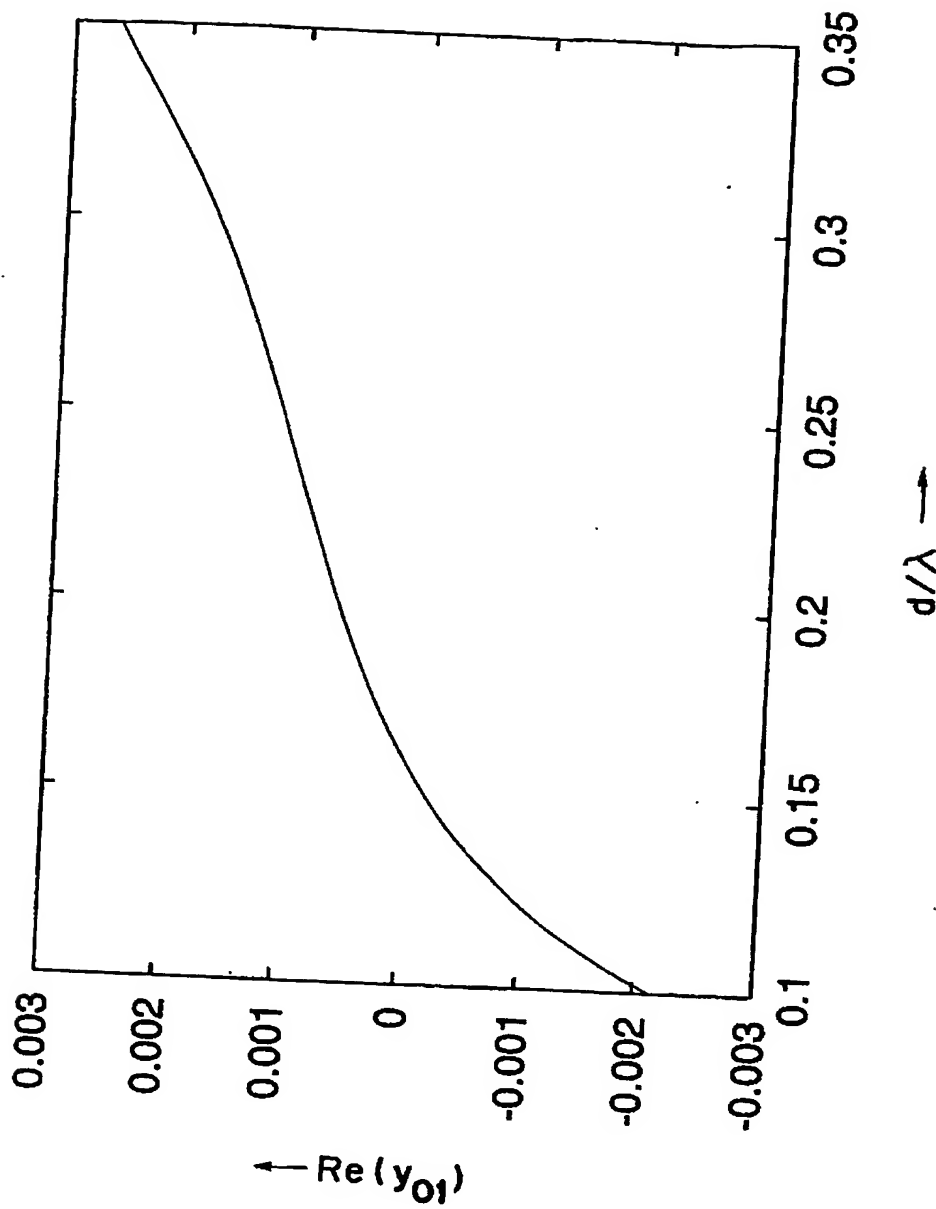
【図 12】



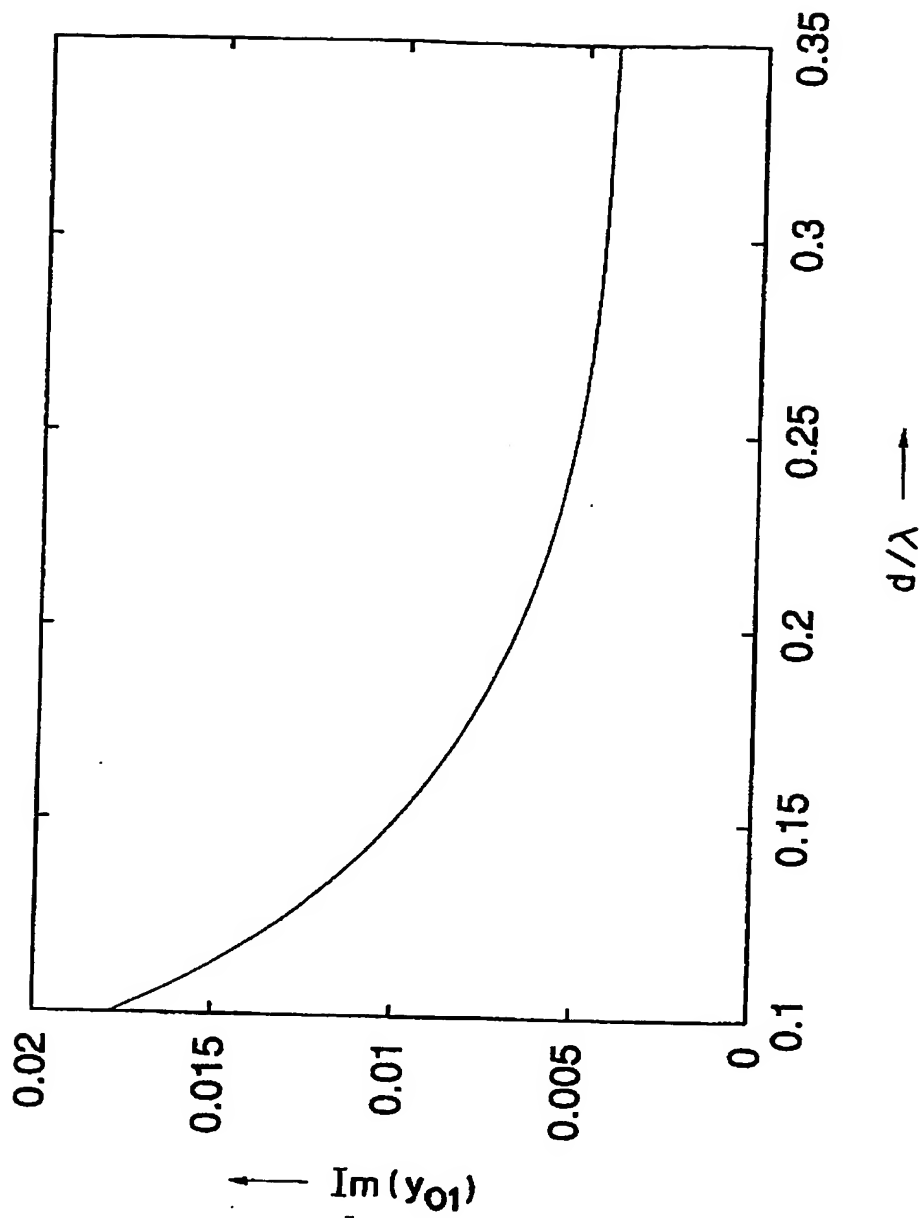
【図 13】



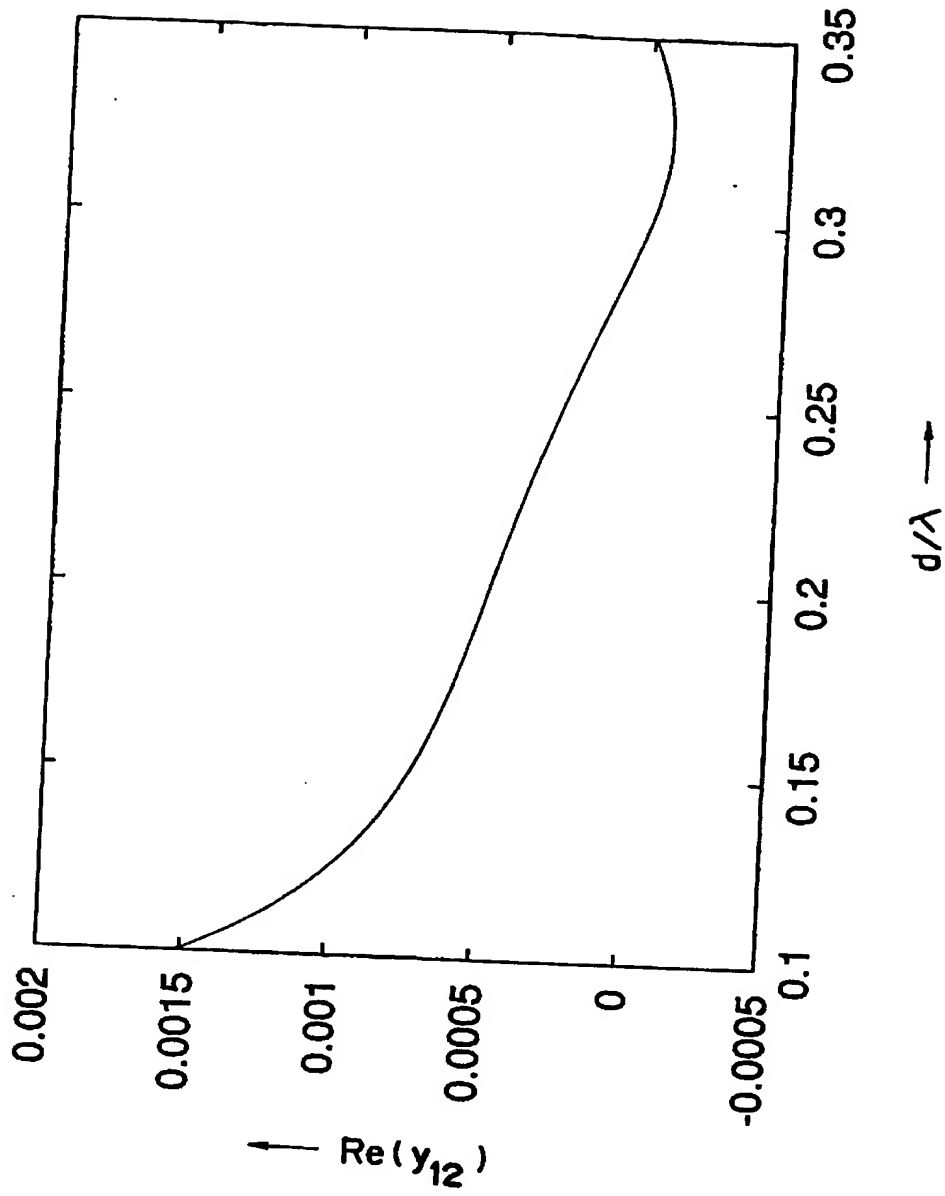
【図 14】



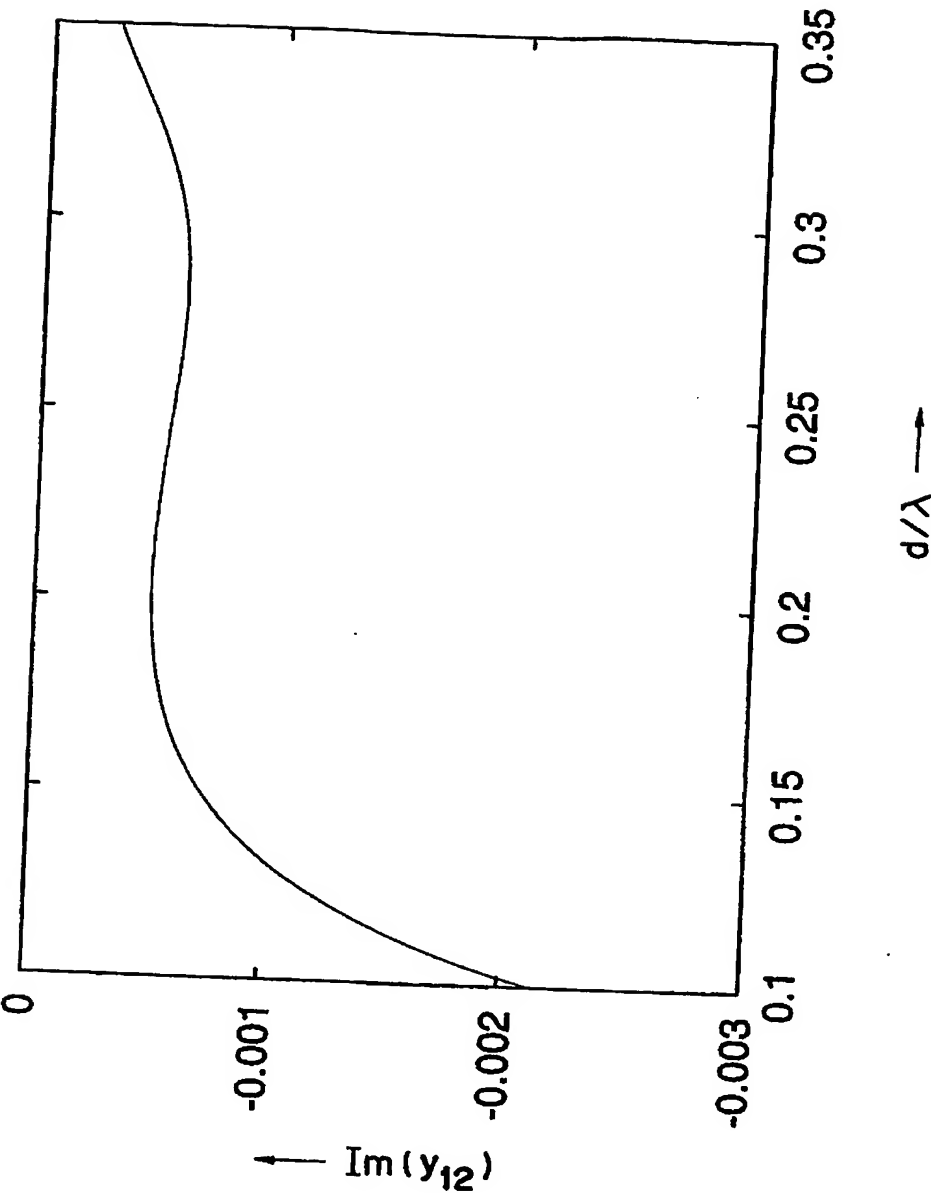
【図 15】



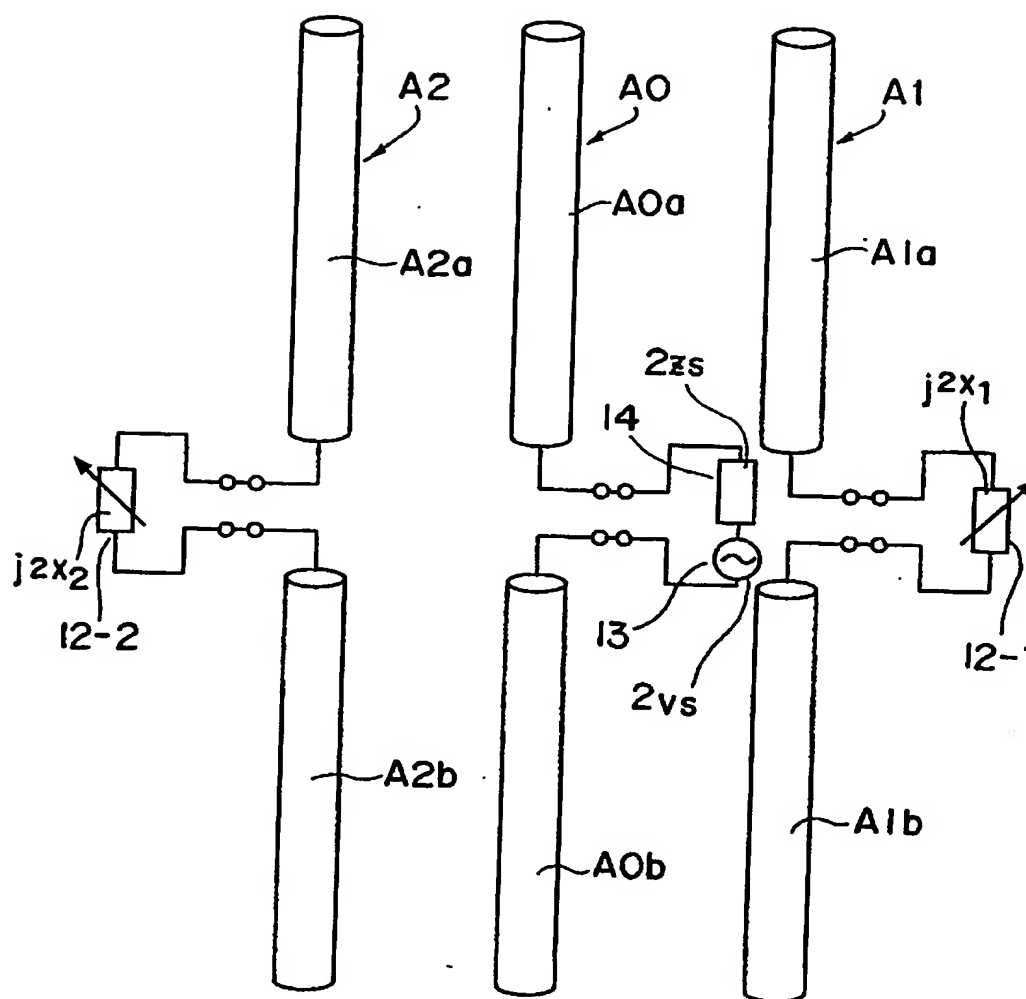
【図 16】



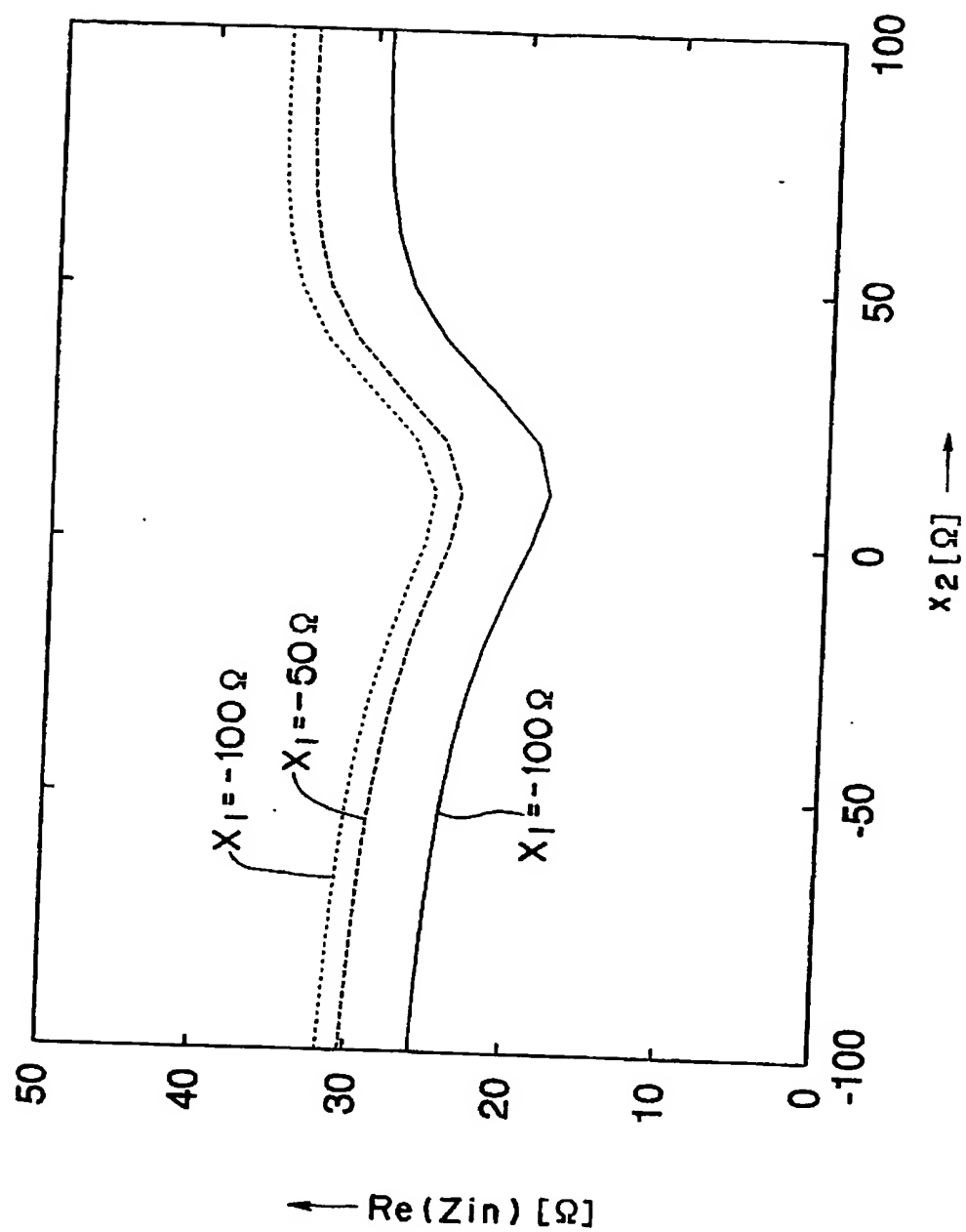
【図 17】



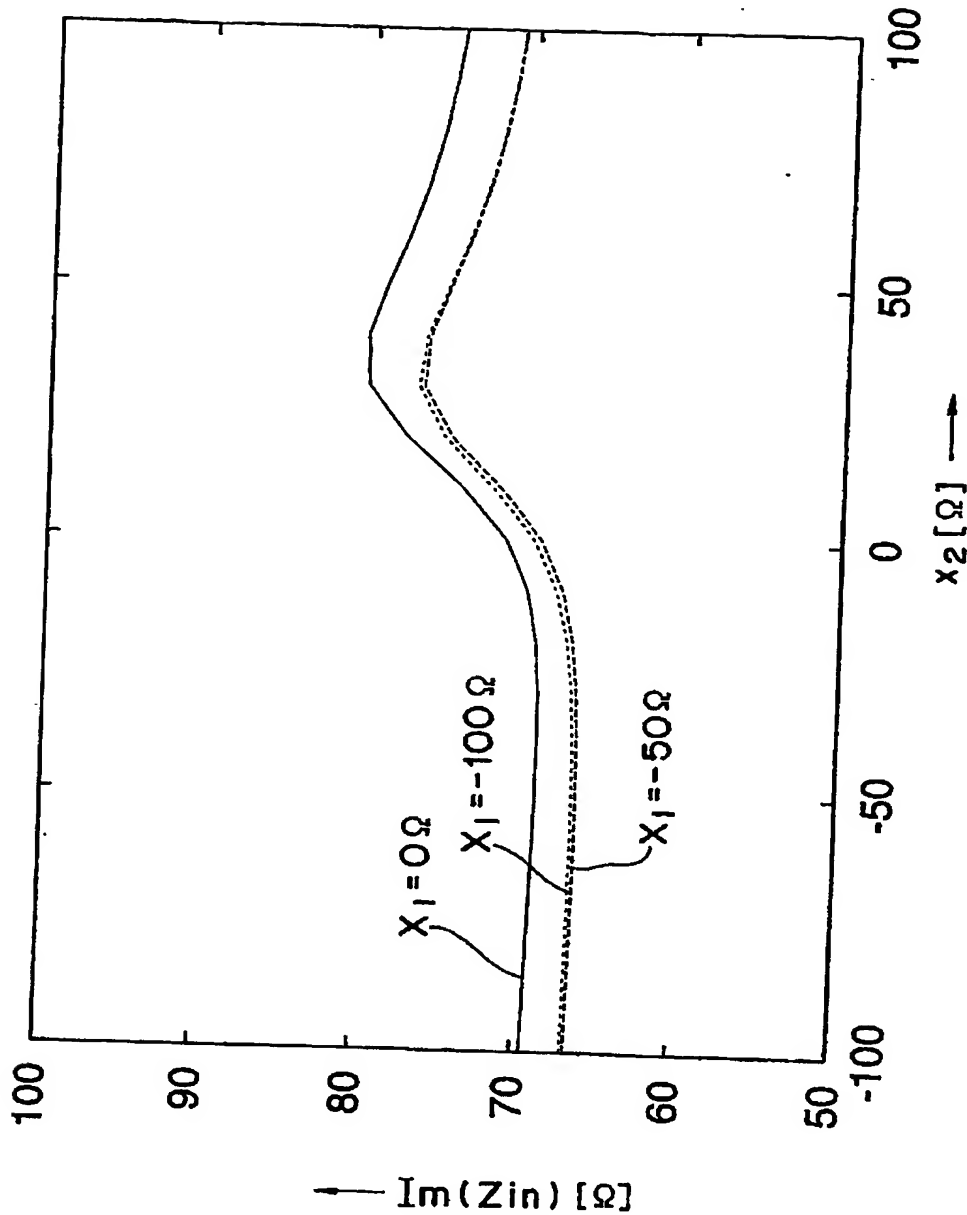
【図 18】



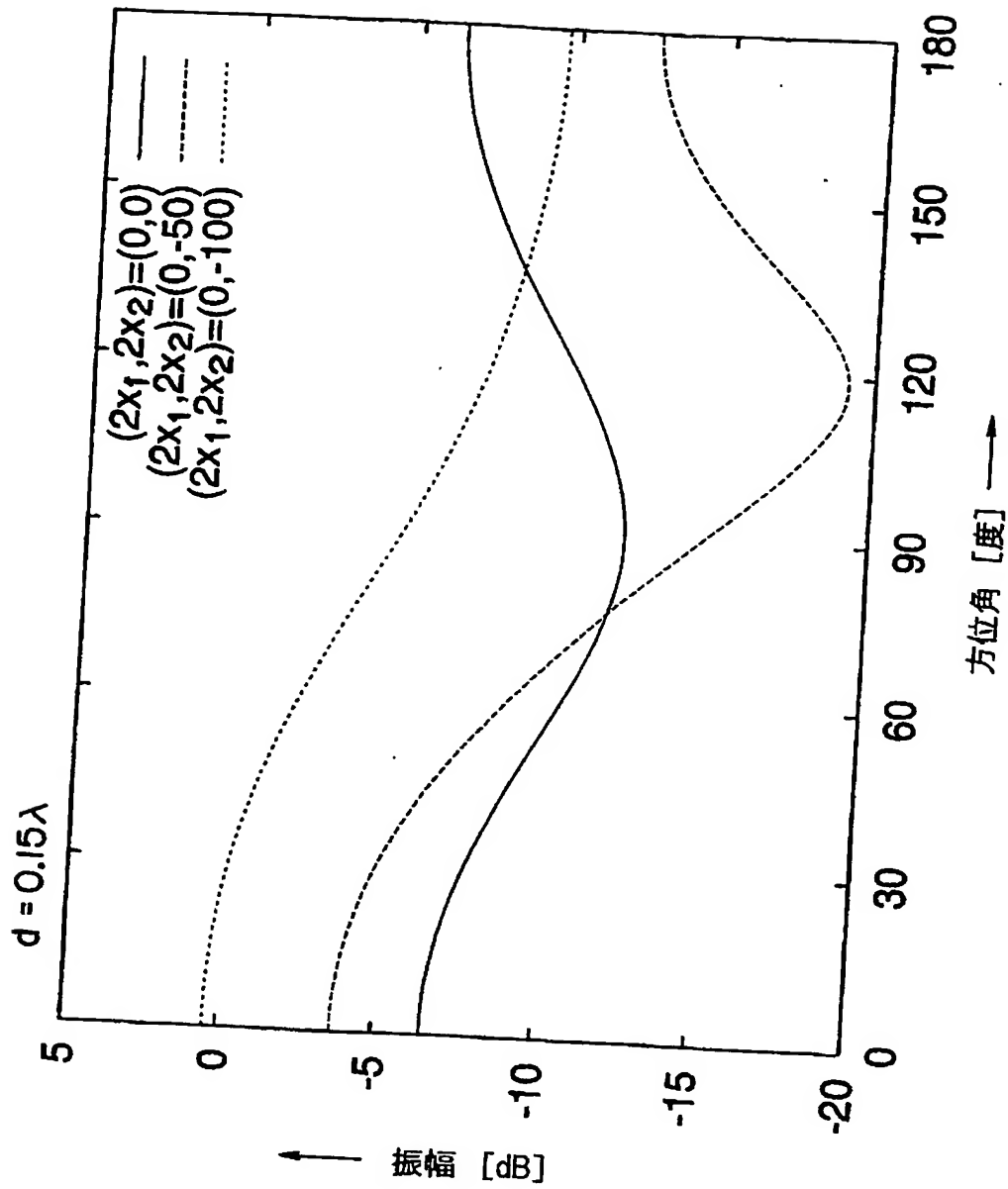
【図 19】



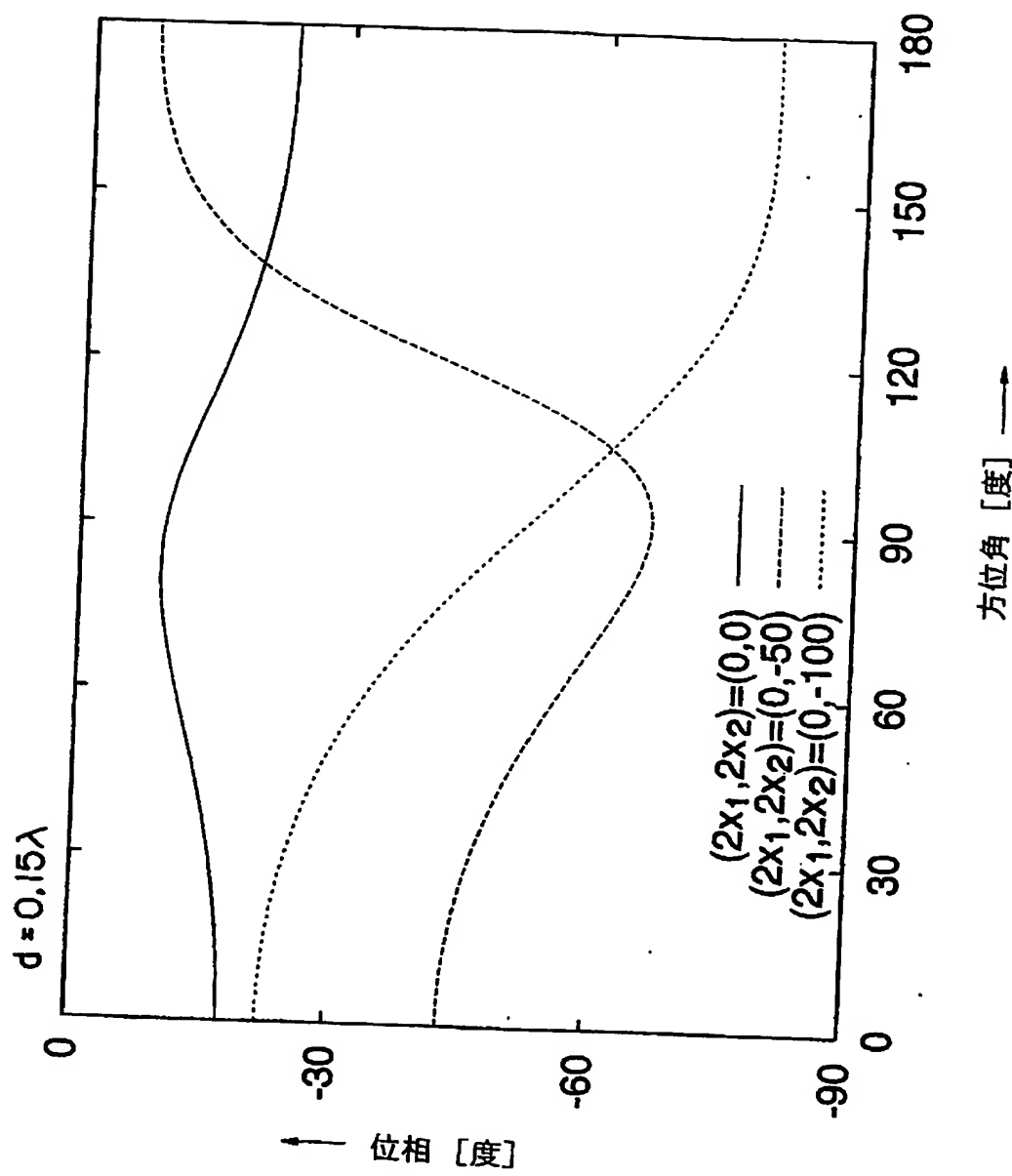
【図 20】



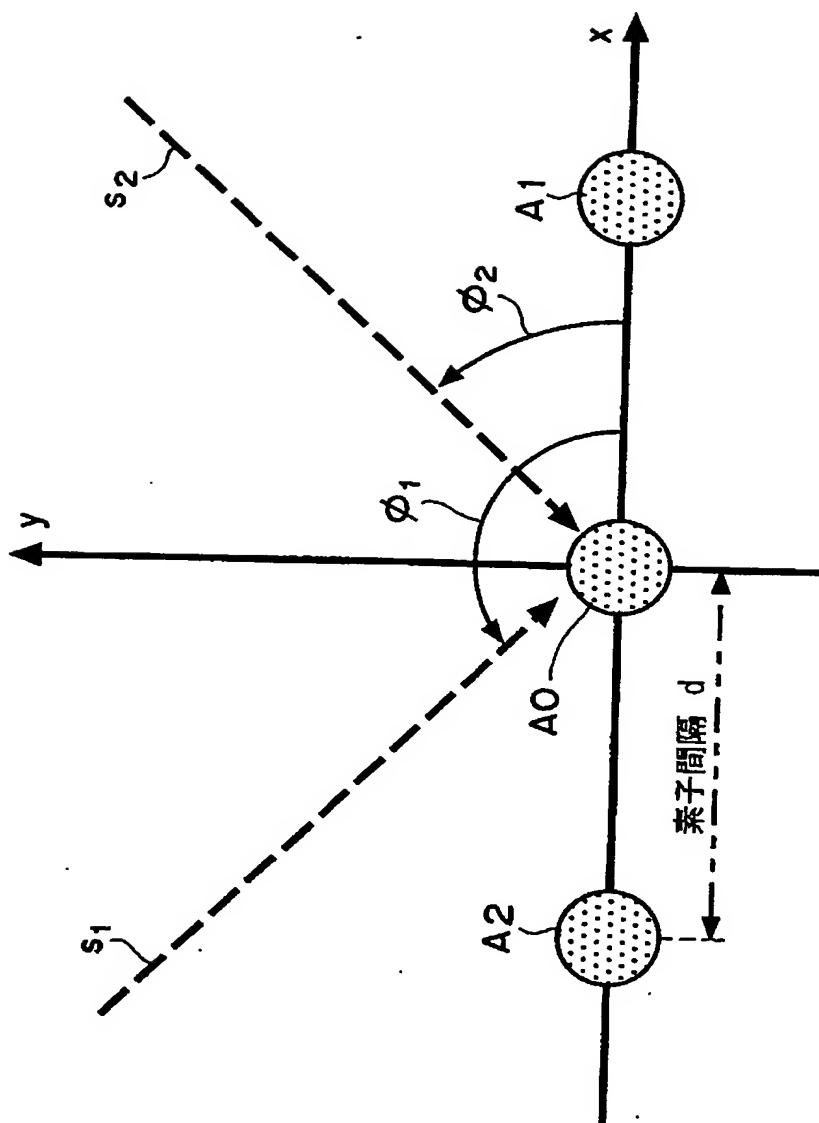
【図 21】



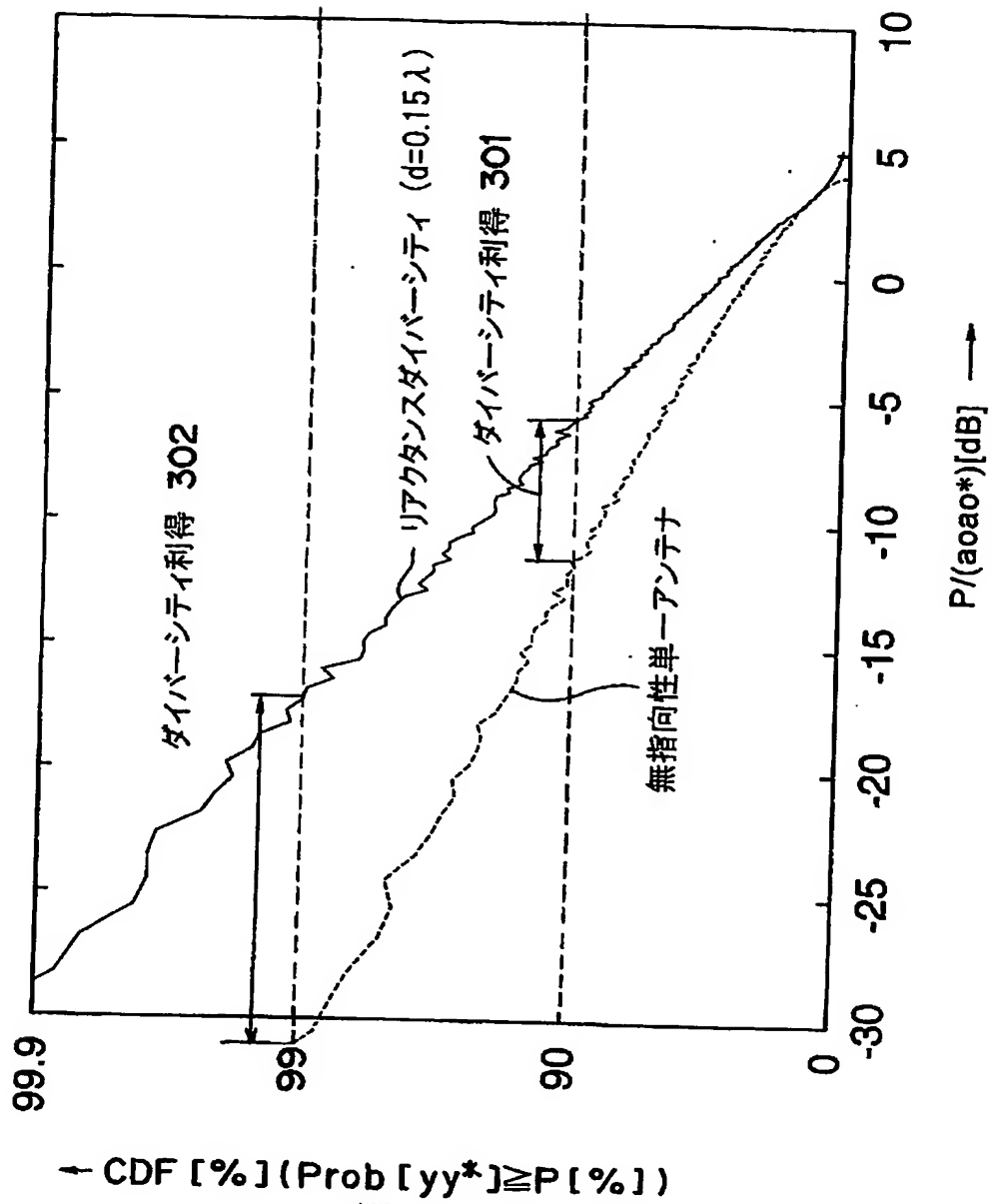
【図 2 2】



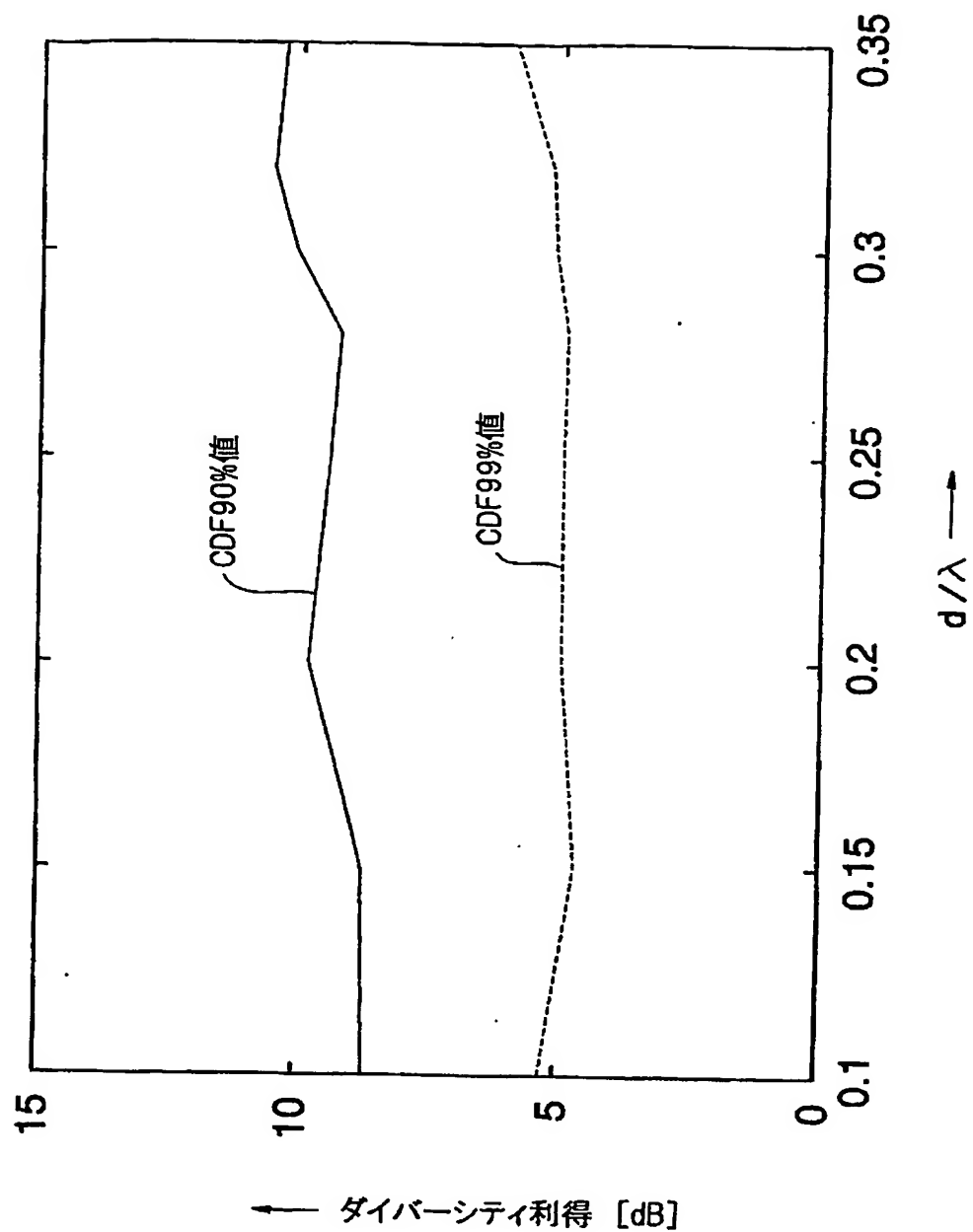
【図 23】



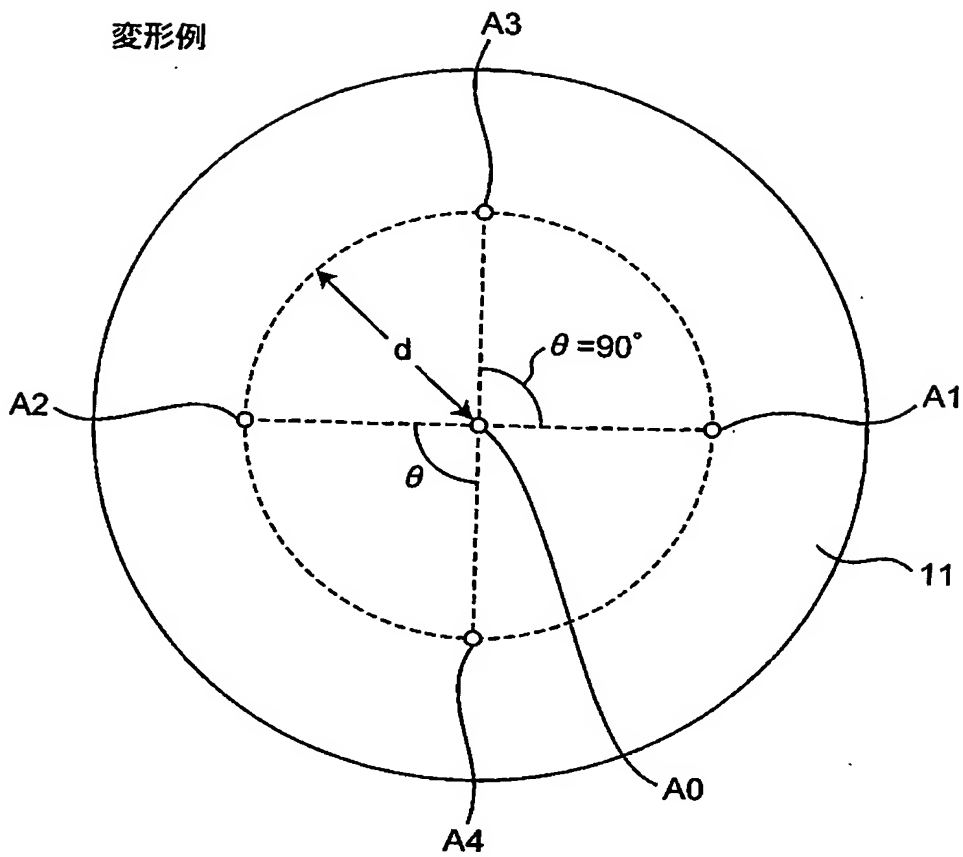
【図24】



【図 25】

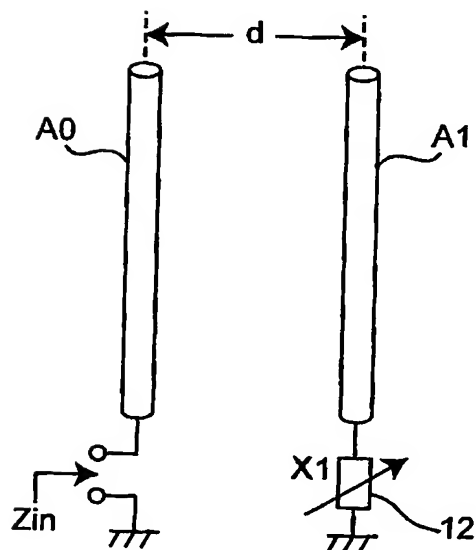


【図 26】

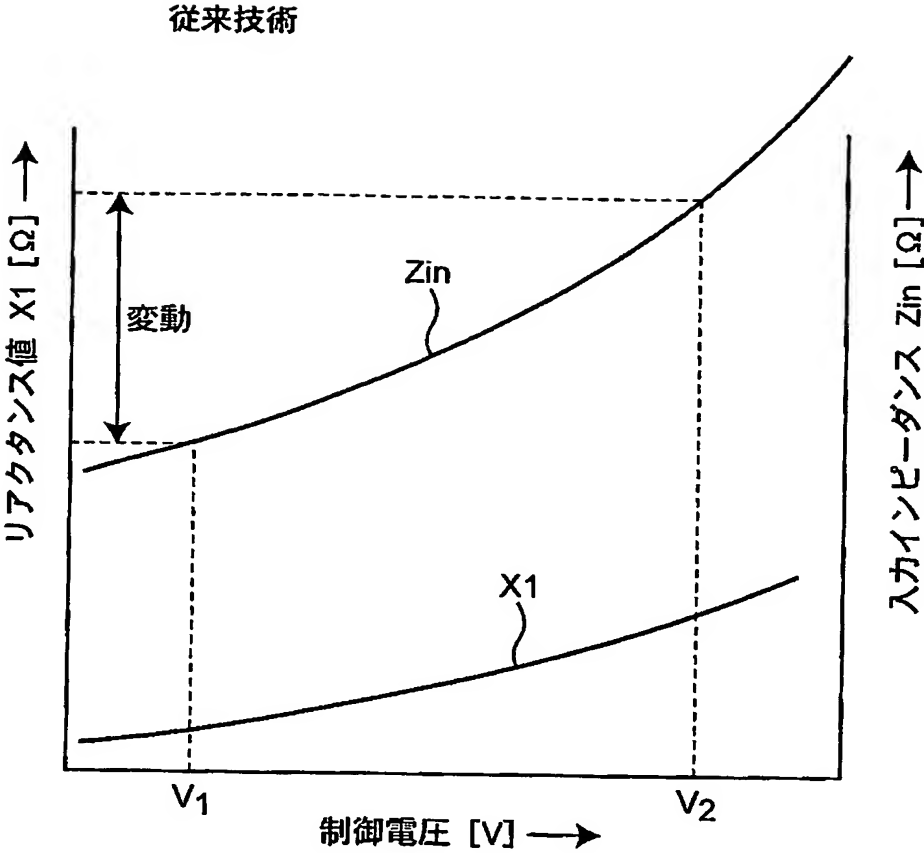



【図 27】

従来技術



【図 28】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ハードウェア構成及び制御がきわめて簡単であって、入力インピーダンスを実質的に変化させない。

【解決手段】 アレーアンテナ装置 100 は、送信された無線信号を受信するための励振素子 A0 と、2 つの非励振素子 A1, A2 と、各非励振素子 A1, A2 にそれぞれ接続された可変リアクタンス素子 12-1, 12-2 とを備えて構成され、それらに設定するリアクタンス値を変化させてその指向特性を変化させる。アンテナコントローラ 10 は受信される無線信号に基づいて、所定値以上のダイバシティ利得が得られかつ入力インピーダンス Z_{in} が実質的に変化しないように、可変リアクタンス素子 12-1, 12-2 に対して第 1 のリアクタンス値セットを設定する第 1 の場合と、それに対して第 2 のリアクタンス値セットを設定する第 2 の場合のうち、各無線信号の信号電力の、より大きい値となる時のリアクタンス値セットを選択して設定する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 0 2 2 9 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 9 3 0 3 1 5 8 6]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 3 月 2 7 日

[変更理由]

住所変更

住 所

京都府相楽郡精華町光台二丁目 2 番地 2

氏 名

株式会社国際電気通信基礎技術研究所